Digitized by Google

201
36 G
13

Digitized by Google

LEZIONI

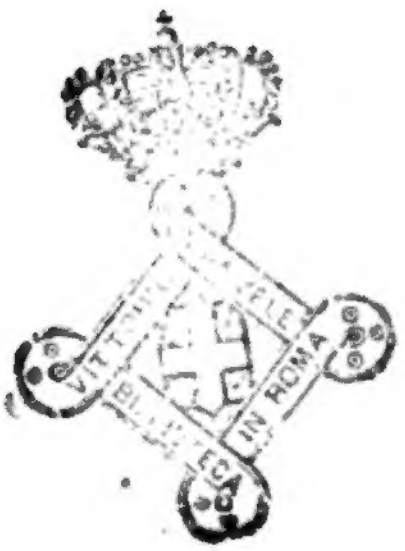
DI

FISICO-CHIMICA

che si dànno

NEL COLLEGIO ROMANO

D.C.D.G.



IHS

ROMA

1863

Digitized by Google

Roma — Giugno 1863 — Pacifico Manganelli scrisse

Digitized by Google

INDICE

Libro I.

Nozioni preliminari

Oggetto della Fisica — corpo o materia — fenomeno — corpi ponderabili ed imponderabili — corpi minerali e vegetali — atomi o molecule — corpi solidi, liquidi ed aeriformi — osservazione ed esperienza — leggi fisiche . . . . . pag. 1

CAPO I. *Dell' estensione e resistenza* . . . . „ 5

„ II. *Dell' inerzia, divisibilità fisica ed impenetrabilità* . . . . . „ 6

„ III. *Della porosità, compressibilità ed elasticità* . . . . . „ 10

„ IV. *Della Gravità e del peso.*

Massa — unità di misura dei pesi — leggi della caduta dei gravi — misura della gravità — peso specifico . . . . . „ 14

„ V. *Dell' attrazione molecolare.*

Coesione — adesione — affinità . . . . . „ 25

„ VI. *Di alcune proprietà dei corpi solidi dipendenti dalla attrazione molecolare.*

Durezza — duttilità — malleabilità — tenacità — e-

Digitized by Google

lasticità di trazione – elasticità di flessione – elasticità di torsione . . . . . pag. 29

CRISTALLIZZAZIONE

Molecule integranti – forme primitive e secondarie – teoria fisica della cristallizzazione – teoria geometrica – dimorfismo – isomorfismo . . . . „ 41

CAPO VII. *Di alcune proprietà dei corpi liquidi.*

Eguaglianza di pressione – paradosso idrostatico – pressa idraulica – principio d'Archimede – Areometri a peso costante – areometro di Nicholson – areometro di Farenhait – capillarità – endosmosi ed esosmosi. . . . . . „ 51

„ VIII. *Della forza espansiva dei fluidi aerei.*

Macchina pneumatica – macchina di compressione – fontana di Erone . . . . . „ 69

„ IX. *Della pressione che esercitano i fluidi aerei.*

Pressione atmosferica – sua misura – barometro a vaschetta ed a sifone – barometro aneroide – variazioni della pressione atmosferica 75

Libro II.

PRINCIPII DI CHIMICA

Oggetto della Chimica . . . . . „ 89

Corpi semplici . . . . . „ 90

Digitized by Google

Corpi composti

Binari di primo ordine – Dualismo chimico – Sali – sali composti – elementi positivi e negativi – elementi organogeni . . . . . pag. 94

Nomenclatura de' binari di prim'ordine . . „ 96

Nomenclatura de' sali . . . . . „ 101

Nomenclatura de' composti organici . . . „ 104

=

DEI METALLOIDI

=

Sezione 1ª.

Ossigene . . . . . „ 106

Idrogene . . . . . „ 108

Nitrogene . . . . . „ 112

Sezione 2ª.

Cloro . . . . . „ 114

Iodio . . . . . „ 116

Bromo . . . . . „ 117

Fluore . . . . . „ 118

Sezione 3ª.

Fosforo . . . . . „ 121

Arsenico . . . . . „ 124

Solfo . . . . . „ 126

Selenio . . . . . „ 128

Tellurio . . . . . „ 129

Sezione 4ª.

Carbonio . . . . . „ 130

Boro, *Silicio* . . . . . „ 134

Digitized by Google

Classe 1ª.

Potassio . . . . . pag. 136
Sodio . . . . . „ 138
Litio . . . . . „ 139
Bario, *Strontio*, *Calcio* . . . . . „ 140

Classe 2ª.

Magnesio . . . . . „ 142
Manganese . . . . . „ 143
Glucinio . . . . . „ 144
Zirconio . . . . . „ 145
Torio, *Cerio*, *Lantanio*, *Didimio*, *Ittrio*, *Erbio*, *Terbio* . . . . . „ 146
Alluminio . . . . . „ 147

Classe 3ª.

Ferro . . . . . „ 150
Nickel . . . . . „ 153
Cobalto, *Cromo*, *Vanadio* . . . . . „ 154
Zinco . . . . . „ 156
Cadmio . . . . . „ 158

Digitized by Google

Uranio . . . . . pag. 158
Tallio . . . . . „ 160

Classe 4ª.

Molibdeno . . . . . „ 161
Osmio, *Titanio* . . . . . „ 162
Stagno . . . . . „ 163
Antimonio . . . . . „ 165
Tungsteno, *Tantalio* . . . . . „ 167
Niobio, *Pelopio*, *Ilmenio* . . . . . „ 168

Classe 5ª.

Rame . . . . . „ 169
Piombo . . . . . „ 172
Bismuto . . . . . „ 175

Classe 6ª.

Mercurio . . . . . „ 177
Argento . . . . . „ 179
Platino . . . . . „ 182
Palladio . . . . . „ 187
Oro . . . . . „ 188
Rodio, *Iridio*, *Rutenio* . . . . . „ 192
Dell' affinità chimica . . . . . „ 194
Leggi delle combinazioni chimiche . . . . „ 199
Equivalenti chimici . . . . . „ 203
Teoria atomica . . . . . „ 211

Digitized by Google

Dei composti inorganici

Acqua . . . . . pag. 214

Acido solforico . . . . . „ 217

Acido nitrico . . . . . „ 222

Acido cloroidrico . . . . . „ 225

Ammoniaca . . . . . „ 228

Ossidi metallici . . . . . „ 231

Cloruri, bromuri e ioduri metallici . . „ 234

Solfuri metallici . . . . . „ 235

Sali — Acqua d'interposizione, di cristallizzazione e di costituzione — Sali deliquescenti ed efflorescenti — fusione acquosa — sali neutri . . . . . „ 236

Dei composti organici

Materiali organici — Principii e prodotti organici . . . . . „ 242

Acidi organici

Acido ossalico — acetico — pirolignoso — tannico — tartrico — gallico — pirogallico — citrico — lattico — fulminico — cianoidrico . . . „ 244

Basi organiche

Alcaloidi naturali ed artificiali . . . „ 250

Indifferenti organici . . . . . „ 253

Zuccheri

Zucchero cristallizzabile ed incristallizzabile — glucosa — Saccaroidi . . . . . „ 254

Gomma e mucillaggine . . . . . „ 258

Materia amilacea

Amido — fecola — destrina — inulina — lichenina . . . . . „ 259

Digitized by Google

Cellulosa . . . . . pag. 261
Materia gelatinosa . . . . . „ 263
Materia albuminoide
Fibrina – caseina – glutine . . . . . „ 265
Corpi grassi – Glicerina – stearina – margarina – oleina – cere . . . . . „ 268
Alcool e suoi derivati
Acido solfovinico – etere solforico – gas olefico – eteri semplici e composti – cloroformio . „ 271
Oli volatili
Resine – Gomme – resine – balsami – catrame – paraffina – creasoto – succino – gomma elastica – guttapercha „ 281

Libro III.

DEL CALORICO

Nozioni preliminari
Termometro centigrado, di Reaumur e di Fahrenhait – temperatura – equilibrio di temperatura . . . . . „ 291

CAPO I.

Della diversa attitudine che hanno i corpi a contenere il calorico.

Articolo 1°. Calorico specifico.
Metodo delle mescolanze – calorimetro di Rumford – metodo della fusione del ghiac-

cio — metodo del raffreddamento — Relazione fra i calorici specifici ed i pesi atomici delle sostanze semplici . . . . . pag. 296

Articolo 2°.

Alterazioni di temperatura nel rarefarsi e condensarsi dei corpi . . . . . „ 302

Articolo 3°.

Alterazioni di temperatura nelle mutazioni di stato . . . . . „ 305

CAPO II.

Della propagazione del calorico

Articolo 1°.

Conducibilità per il calorico . . . . . „ 314

Articolo 2°.

Moto idrostatico . . . . . „ 319

Articolo 3°.

Calorico raggiante . . . . . „ 322

Direzione, velocità, intensità del calorico raggiante 324

Potere emissivo . . . . . „ 327

Potere assorbente . . . . . „ 331

Riflessione e diffusione del calorico . . „ 333

Trasmissione del calorico raggiante per i corpi „ 335

CAPO III.

Degli effetti del calorico

Articolo 1°.

Rarefazione de' fluidi aerei . . . . . „ 342

Termometri ad aria e termoscopi.

Articolo 2°.

Rarefazione de' liquidi . . . . . pag. 346

Articolo 3°.

Rarefazione dei solidi . . . . . „ 350

Articolo 4°.

Termometri – Termometri a mercurio – termometri ad alcool – termometri solidi e pirometri – termometri a massimo e a minimo . . . „ 356

Articolo 5°.

Fusione e solidificazione – Leggi della fusione dei solidi e della solidificazione dei liquidi „ 364

Articolo 6°.

Evaporazione ed ebollizione . . . . . „ 371

Articolo 7°.

Effetti della temperatura sui vapori

Liquefazione dei vapori e dei gas – vapori vescicolari – forza espansiva dei vapori – mescolanze dei vapori e dei gas – macchine a vapore „ 386

Articolo 8°.

Vapore di acqua esistente nell'aria

Igrometri – Psicrometri . . . . . „ 406

Articolo 9°.

Effetti chimici e fisiologici del calorico

Sensazioni di caldo e di freddo – azione del calorico sulle funzioni organiche . . . . „ 416

CAPO IV

Delle sorgenti del calorico

Articolo 1°. *Calorico eccitato con mezzi meccanici* 423

„ 2°. *Calorico che si desta per mezzo*

delle azioni chimiche

Combustioni ossigeniche e non ossigeniche — calorico che si sviluppa nelle combustioni — fiamma e fumo — calore animale . . . . . pag. 426

Libro IV.

DELL' ELETTRICITÀ

Nozioni generali . . . . . pag. 441

CAPO I.

Elettro-statica

Articolo 1°.

Della macchina elettrica e degli elettro-scopi.

Macchina a disco — Macchina idroelettrica — Elettroscopio a pendolini — Elettroscopio di Coulomb. . . . . „ 455

Articolo 2°.

Della distribuzione dell' elettrico nei conduttori.

Curica elettrica — capacità per l'elettrico — piano di prova — potere delle punte — fiocco e stelletta elettrica — vento elettrico — dispersimento dell' elettrico . . . . . „ 462

Articolo 3°.

Dell' elettricità per influsso

Atmosfera elettrica — Contracolpo elettrico — elettroforo — Polarità elettrica . . . . . pag. 472

Articolo 4°.

Delle attrazioni e ripulsioni elettrostatiche.

Bilancia elettrica — Leggi delle attrazioni e ripulsioni . . . . . „ 481

Articolo 5°.

Dell' elettricità dissimulata.

Coibenti armati — Limiti e sede delle cariche — residui delle scariche — Quadro franckliniano — bocca di Lerda — batteria — condensatori . . . . . „ 488

=

CAPO II.

Elettro-Dinamica

=

Articolo 1°.

Della pila di Volta

Pila a colonna — pila a corona di tazze — pila a forza costante — pile secche — elettroscopio di Böhnemberger . . . . . „ 505

Articolo 2°.

Dell' azione mutua attrattiva e ripulsiva delle correnti elettriche

Correnti parallele — correnti angolari — correnti indefinite — rotazione continua delle correnti che sono sottoposte all' azione di altre correnti . . . . . „ 513

Articolo 3°.

De' principali fenomeni del magnetismo.

Calamite naturali ed artificiali — loro parti — punti consegnenti — direzione della calamita — attrazioni e ripulsioni magnetiche — influsso magnetico — forza coerciliva — magnetizzazione artificiale dell' acciaio — calamite armate . . . . . pag. 519

Articolo IV.

Dell' azione magnetica esercitata dalla Terra.

Inclinazione magnetica — equatore magnetico — meridiano magnetico — declinazione magnetica — influsso magnetico della Terra — aghi astatici . . . . . „ 528

Articolo 5°.

Dell' azione delle correnti sulle sostanze magnetiche e non magnetiche

Magnetizzazione delle sostanze magnetiche — elettro-magneti — Azione universale del magnetismo . . . . . „ 536

Articolo 6°.

Azione mutua fra le correnti, le calamite e la Terra

Esperienza d' Œrsted — Teoria d' Ampère — Galvanometro — Solenoidi — movimenti continui delle correnti e delle calamite . . . . . „ 544

Articolo 7°.

Della induzione elettro-dinamica.

Diversi ordini delle correnti indotte — apparati elettro-magnetici e magneto-elettrici — Batterie elettro-telluriche — magnetismo di rotazione . . . . . .pag. 555

CAPO III

Propagazione dell'elettrico attraverso i corpi, ed effetti che accompagnano questa propagazione

Articolo 1.°

Propagazione attraverso i buoni conduttori . . . . . „ 571

Articolo 2.°

Propagazione dell'elettrico attraverso i cattivi conduttori tanto solidi quanto liquidi . . . . . „ 581

Articolo 3.°

Propagazione dell'elettrico attraverso i fluidi aerei

Leggi di questa propagazione — termometro di Kinnersly . . . . . „ 586

Articolo 4.°

Velocità di propagazione delle correnti elettriche.

Telegrafi elettrici — Telegrafo a deviazione di ago — a quadrante — telegrafo ad impressione di Morse . . . . . „ 593

Articolo 5.°

Effetti calorifici e luminosi delle corren-

ti elettriche.

Leggi osservate nel riscaldamento dei fili metallici per il passaggio delle correnti – scintilla elettrica – arco voltaico – fosforescenza – uovo elettrico . . . . . pag. 607

Articolo 6°.

Effetti chimici delle correnti.

Proprietà e leggi dell' elettrolisi – voltametro – sapore e odore elettrico – Galvanoplastica – doratura ed argentatura elettriche . . . . „ 620

Articolo 7°.

Effetti fisiologici delle correnti

Rana Galvanica . . . . . „ 638

=

CAPO IV.

Delle sorgenti elettriche

Articolo 1°.

Dell' elettricità prodotta per l'azione del calorico

Elettricità destata per quest'azione nei cattivi conduttori – nei buoni conduttori – termio-moltiplicatore – freddo prodotto dalle correnti elettriche . . . . . „ 645

Articolo 2°.

Dell' elettricità prodotta dalle azioni chimiche

Elettricità sviluppata dall'attrito – dalla percussione compressione e divisione de' corpi solidi – dallo stropicciamento dei liquidi coi so

lidi — e dallo stropicciamento di questi coi fluidi aerei . . . . . pag. 654

Articolo 3°.

Dell' elettricità prodotta dall' affinità chimica.

Elettricità che si desta ad occasione del contatto — nell' azione fra corpi solidi e liquidi — fra liquidi e liquidi — fra solidi e fra fluidi aerei . . . . . „ 660

Articolo 4°.

Dell' elettricità prodotta dalle azioni fisiologiche.

Correnti proprie degli animali — Pesci elettrici . . . . . „ 673

=

CAPO V.

Dell'elettricità atmosferica

=

Articolo 1°.

Dell' elettricità atmosferica a cielo sereno.

Massimi e minimi dell'elettricità atmosferica — Osservatorî atmosferici . . . . . „ 681

Articolo 2°.

Dell' elettricità atmosferica a cielo piovoso e temporalesco . . . . . „ 686

Dei temporali . . . . . „ 689

Lampi e tuoni . . . . . „ 690

Caduta del fulmine . . . . . „ 694

Parafulmini . . . . . „ 699

* * *

Libro V.

OTTICA

Nozioni preliminari . . . . . pag. 705

CAPO I.

Fenomeni della luce naturale

Articolo 1°.

Della riflessione della luce

Riflessione regolare ed irregolare – riflessione sugli specchi piani – sugli specchi concavi – sugli specchi convessi . . . . . „ 711

Articolo 2°.

Della rifrazione dei raggi

Rifrazione dei raggi luminosi – dei calorifici oscuri – rifrazione nelle lenti – aberrazione di sfericità – dispersione – spettro solare – colori semplici e composti – spettri delle altre sorgenti luminose – aberrazione di rifrangibilità – acromatismo . . . . . „ 719

Articolo 3°

Della diffrazione dei raggi

Interferenza dei raggi luminosi – anelli colorati e colori delle lamine sottili – interferenza de' raggi calorifici – Apparato di Newton . . . . . „ 741

Articolo 4°.

Della trasmissione ed assorbimento della luce . . . . . pag 749

Articolo 5°.

Della diffusione della luce

Colori naturali e permanenti dei corpi „ 752

=

CAPO II

Fenomeni della luce polarizzata

=

Articolo 1°.

Della doppia rifrazione

Sostanze birefrangenti — Cristalli unias si e biassi — Cristalli ripulsivi ed attrattivi — Leggi della doppia rifrazione in tutti questi cristalli — Tormalina e prisma di Nicol . . . . . „ 756

Articolo 2°.

Della polarizzazione della luce per riflessione

Piano di polarizzazione — angolo di polarizzazione — Polariscopi od analizzatori — Caratteri che distinguono la luce naturale dalla polarizzata . . . . . „ 764

Articolo 3°.

Della polarizzazione della luce per rifrazione

Pila di lastre — Rapporto della luce polarizzata per rifrazione colla luce polarizza

ta per riflessione . . . . . pag. 770

Articolo 4°.

Dell' interferenza de' raggi polarizzati

Leggi che si osservano nell' interferenza de' raggi polarizzati — Colori della luce polarizzata — in una lamina birefrangente tagliata normalmente all' asse ottico — in due tormaline ad assi paralleli — nei cristalli biassi tagliati normalmente alla bissettrice de' due assi ottici — in una lastra quadrata di vetro temperato . . . . . „ 774

Articolo 5°.

Della polarizzazione circolare

Rotazione o potere rotatorio — Sostanze destrogire o levogire — Potere rotatorio del quarzo — apparato di Noremberg — potere rotatorio molecolare . . . . . „ 782

Articolo 6°.

Della polarizzazione circolare magnetica

Apparato di Faraday — Relazione fra la direzione della corrente e il senso della rotazione magnetica . . . . . „ 792

Articolo 7°.

Della doppia rifrazione e polarizzazione del calorico

Identità del calorico e della luce . . „ 709

CAPO III

Dell' azione chimica e fisiologica della luce „ 807

Articolo 1°.

Dell' azione chimica dei raggi

Rifrazione, interferenza e polarizzazione dei raggi chimici . . . . . pag 807

Fotografia . . . . . „ 811

Articolo 2°.

Della visione

Occhio umano — miopismo e presbitismo — visione distinta — visione binoculare — stereoscopio — persistenza delle impressioni — fotometro di Wheathstone — Colori immaginari . . . „ 816

Articolo 3°.

Di alcuni strumenti ottici

Microscopio semplice — microscopio composto — microscopio solare — lanterna magica — Telescopî — telescopio di Galileo — Riflettore di Gregory — di Newton — di Herschell — „ 831

Errata			Corrige
Pag 19 Lin		$M = 202^{gr}$	$M = 242^{gr},5$
„ „ „		$x = 409^{c}$	$x = 490^{c}$
„ „ „		*le tre leggi*	*le due leggi*
„ 40 „	*pen.*	*prossimamente*	*prossimamente di Kilogrammi*
„ 63 „	24	*il liquido ha*	*il liquido eguaglia la metà dell'attrazione che il liquido ha*
„ 75 „	7	*massa liquida*	*massa fluida*
„ 76 „	15	*il peso di aria*	*il peso di un litro di aria*
„ 114 „	2	*Sodio*	*Iodio*
„ 124 „	21	*sapore*	*odore*
„ 210 „	21	100 =	600 =
„ 316 „	*pen.*	*sostanze*	*distanze*
„ 355 „	20	*ugualmente*	*disugualmente*
„ 418 „	17	*e che esercita*	*e l'azione che esso esercita*
„ 90 „	10	*semplici e potrebbe essere anche tutte passeranno*	*semplici (e potrebbe essere anche tutte) passeranno*

Errata			Corrige
Pag 503	Lin^a	A'	B' e così alla linea quinta
„ 517		nella figura	La terza freccia deve essere diretta da D verso C
„ 574	„	15 subitamente	stabilmente
„ 758	„	13 uniasti	uniassi
„ =	„	15 biasti	biassi
„ 761	„	6 biasti	biassi
„ 841		nella figura	La freccia A'B' deve essere puntegiata.

A.M.D.G

LIBRO PRIMO

DELLE PROPRIETÀ GENERALI DELLA MATERIA

Nozioni Preliminari

1. *La Fisica comprendeva un tempo lo studio di tutti gli oggetti sensibili e delle leggi mirabili dal Creatore imposte alla materia. Questa vastissima scienza fu poi divisa e suddivisa in più rami o scienze particolari, che andarono crescendo in numero a misura che crebbero le cognizioni e le scoperte.*

2. *Al presente il nome di Fisica è limitato a significare quella parte di scienza naturale, che considera le proprietà generali della materia, e i fenomeni del calorico, della luce, dell'elettricità e del magnetismo.*

3. *Per* corpo, o materia *intendiamo tutto ciò che è sensibile, ossia tuttociò che ci apparisce occupare una porzione di spazio e resiste al tatto. I caratteri esterni dei corpi, i cangiamenti a cui vanno soggetti, e in generale tutti i fatti che cadono sotto i sensi diconsi* fenomeni.

4. *I corpi si dividono in ponderabili ed imponderabili. Imponderabili sono il calorico, la luce, l'elettricità e il magnetismo, che si chiamano anche fluidi eterei: tutti gli*

altri appartengono alla classe dei ponderabili.

5. Anche si dividono i corpi in minerali, vegetali ed animali. Minerali si dicono quei corpi che non vanno soggetti ad altre mutazioni che a quelle che vengono in esse determinate da cagioni estrinseche, onde abbandonati a se stessi rimangono sempre nel medesimo stato. Vegetali quelli che presentano una serie continua di mutazioni dipendente da un principio in essi esistente, che appellasi vitalità o forza vitale. Animali quelli che oltre alla forza vitale sono anche dotati di moto spontaneo e di sensibilità.

6. Ogni corpo è l'aggregato di menomissime particelle elementari che sfuggono i nostri sensi, e che si chiamano atomi o molecule.

7. Si dicono solidi quei corpi le cui molecule sono collegate assieme per modo da esigersi una forza più o meno grande per separarle; liquidi quelli le cui molecule sono sì slegate fra loro che ad ogni menomo impulso scorrono le une sulle altre. Quei corpi poi che oltre ad avere le molecule del tutto slegate, tendono anche a espandersi in uno spazio sempre maggiore si dicono corpi aerei od aeriformi. I corpi aerei si dividono in gas e vapori: si dicono gas quelli che naturalmente conservano sempre lo stato aereo, e vapori quelli che naturalmente si trovano anche a stato liquido. Ai corpi liquidi ed agli aerei si dà l'appellazione comune di fluidi. La solidità e la fluidità non costituiscono tre classi di corpi; ma sono tre stati che può avere anche un medesimo corpo, come vediamo nell'acqua.

8. Non potendo noi alcuna cosa conoscere a priori mercè alle proprietà della materia, ed ai fenomeni che ci presenta, è manifesto che la Fisica non si deve studiare col-

rimenti che dietro le scorte dell'osservazione e dell'esperienza.

9. *L'osservazione consiste nell'attento esame dei fenomeni che la natura spontaneamente ci offre, e nella esatta valutazione di tutte le circostanze che li accompagnano. L'osservazione si fa per mezzo dei sensi, ma questi possono talora essere aiutati da qualche strumento, che non altera le proprietà dei corpi.*

10. *L'esperienza sta nel collocare noi medesimi i corpi nelle condizioni opportune a far nascere dei fenomeni che si dicono artificiali, non perchè siano prodotti dall'arte cioè da noi (1), ma perchè noi abbiamo preparata e disposta la materia. Coll'osservazione ascoltiamo la natura che ci parla, coll'esperienza la interroghiamo insieme e l'ascoltiamo.*

11. *Dai fenomeni particolari conosciuti per via di osservazione e di esperienza si ascende alle conclusioni generali, cioè alle leggi fisiche, guidati dall'analogia ed appoggiati al principio che le cause necessarie nelle medesime circostanze producono sempre gli stessi effetti.*

12. *Lo studio della Fisica è principalmente diretto a scoprire queste leggi, donde poi si scende di nuovo ai fenomeni particolari, prevedendoli e deducendone una lunga serie di legittime conseguenze. Il solo raziocinio spesso non basta per dare a queste conseguenze tutto lo sviluppo di che sono capaci, ma conviene ricorrere alle matematiche.*

---

(1) *Ars sive additus rebus homo.* Baco de Aug. Scien. Lib II.

13. *Di qui hanno origine i due metodi di trattare la Fisica, lo* Sperimentale *cioè e il* Matematico. *Quello ci serve a stabilire le leggi, questo ci aiuta a dedurne le conseguenze, a prevedere le scoperte, a dirigere le applicazioni, e sopra tutto a verificare le stesse leggi, onde prende le mosse, mediante il confronto numerico dei risultati dell'esperienza colle deduzioni del calcolo e della geometria. Se tutte le leggi fisiche fossero perfettamente conosciute, si potrebbe fare a meno del metodo sperimentale, come accade nella Meccanica razionale e in parte anche dell'Ottica; ma gli altri rami della Fisica sono in generale ben lontani da questo termine, sebbene vi tendano incessantemente, e vi si vadano anche, almeno alcuni, sempre più avvicinando.*

14. *Tutto ciò che può esser causa d'un fenomeno dicesi forza. Più comunemente si suol definire la forza tutto ciò che produce o modifica il moto; ma ciò torna lo stesso, poichè i fenomeni fisici si riducono finalmente tutti al moto, che è la vita e l'anima dell'universo corporeo.*

15. *Allorquando si è trovata la forza cui è dovuto un fenomeno, questo può dirsi in qualche senso spiegato. A rigore di termini però un fenomeno allora solamente è spiegato quando e al fenomeno e alle sue circostanze si applica la legge, secondo cui quella forza dicesi operare e tutto combina esattamente.*

Capo I.

Dell' estensione e resistenza

16. *L'ESTENSIONE è la proprietà di occupare una porzione di spazio. La* RESISTENZA *è la forza di opporsi alla penetrazione, e però di agire su nostri sensi dacchè le sensazioni non hanno luogo se non quando il nostro corpo s'incontra con altri corpi e mutuamente resistono a penetrarsi.*

L'estensione e la resistenza costituiscono la definizione nominale che abbiamo data (3) della materia; eppure si vogliono considerare come due proprietà piuttosto essenziali che dimostrabili di tutti i corpi.

La misura dell'estensione è oggetto della Geometria, ma l'arte di misurare con precisione deve esser molto familiare al Fisico. Il comparatore, la macchina divisoria, il nonio, lo sferometro e il catetometro *sono gli apparati necessarî alle osservazioni ed esperienze, che misurano l'estensione.*

17. *Ciò che è esteso necessariamente è circoscritto da limiti, si può concepire diviso in più parti e trasferito dall'una all'altra porzione di spazio: dunque ogni corpo è anche* figurato, divisibile e mobile

Capo II.

Dell'inerzia, divisibilità fisica ed impenetrabilità.

Inerzia

18. INERZIA *o privazione di spontaneità è la proprietà che ha ogni corpo di mantenersi nello stato di quiete o di moto in cui si trova, finchè una cagione estrinseca non lo determini a cangiare quello stato. Una prova irrefragabile dell'inerzia della materia l'abbiamo dal perfetto accordo che si è sempre osservato fra i moti che avvengono in natura e i risultati dei calcoli coi quali si prevedono dai matematici le particolarità dei moti medesimi. Tutti questi calcoli suppongono l'inerzia della materia: se una siffatta ipotesi fosse falsa, le conseguenze che se ne traggono sarebbero generalmente false, o almeno non corrisponderebbero ai fatti in una maniera sì precisa come sempre accade.*

Non diciamo l'inerzia proprietà essenziale alla materia, perchè l'osservazione e l'esperienza non ci forniscono i dati sufficienti a risolvere la questione se l'essenza della materia consista unicamente nell'estensione e nella resistenza. Sarebbe certo un effetto senza causa se una resistenza puramente estesa si desse il moto da se,

o ricevuto lo distruggesse o ne alterasse comunque la direzione; epperò in questa ipotesi dovrebbe dirsi l'inerzia essenziale alla materia. Ma il Fisico pretermette ogni questione che trascende i limiti dell'osservazione e dell'esperienza.

E' vero che i corpi degli animali viventi non sembrano inerti, ma ciò si vuole attribuire al principio immateriale in essi esistente. Le molecole che compongono i corpi degli animali, le loro membra recise, i loro cadaveri partecipano anch'essi a questa proprietá.

=

Divisibilitá Fisica.

=

19. Sebbene ogni corpo sia assolutamente divisibile perchè esteso, pure può accadere che qualche corpo non sia divisibile attualmente. Si deve dunque distinguere la divisibilità assoluta cioè inerente all'estensione, dalla divisibilità fisica, cioè relativa alle forze che esistono in natura.

La divisibilità fisica consiste nel potersi attualmente separare le une dalle altre le parti di un corpo. Le osservazioni ed esperienze più ovvie ci dimostrano che tutti i corpi sono attualmente divisibili. Anzi le osservazioni microscopiche, le sostanze coloranti ed odorose, e soprattutto le operazioni chimiche ci assicurano che la divisibilità fisica della materia supera il potere de' nostri sensi ancorchè aiutati dal soccorso dell'arte. Ognun sa, che la massima parte dei corpi solidi immersi nell'acqua o altro liquido si sciolgono e dividono in un numero di particelle sì minute, da non esser vedute neppure dal occhio armato di potentissime lenti.

20. *Lo stato presente della Chimica non ci permette, come vedremo a suo luogo, di estendere la divisibilità fisica alle ultime particelle dei corpi; e però le molecule (6) a rigore di termini fisici si possono chiamare* atomi, *cioè indivisibili relativamente alle forze ordinarie della natura, sebbene rimangano sempre assolutamente divisibili, perchè estese.*

=

Impenetrabilità

=

21. Impenetrabilità *dicesi la proprietà che hanno i corpi di escludere ogni altro corpo dallo spazio che essi occupano. L'impenetrabilità della materia è un fatto di cui abbiamo continue prove. Non possiamo insinuare la mano in un solido, e neppure in un liquido o fluido aereo, se non cacciando una parte di questi corpi dal luogo che occupavano. Si suol dire che i chiodi penetrano nel legno e l'acqua nei solidi che se ne imbevono, ma siffatte penetrazioni apparenti non si oppongono all'impenetrabilità, anzi la dimostrano; poichè le molecole del legno, anzichè lasciarsi penetrare, si spostano cedendo il luogo a quelle del chiodo e dell'acqua. Si dica lo stesso di tutte le altre penetrazioni apparenti, che succedono quando si mescolano assieme alcuni corpi specialmente liquidi. Da questi fatti solo possiamo conchiudere che l'impenetrabilità non appartiene allo spazio che apparentemente occupano i corpi, ma sibbene alle molecule che li compongono.*

L'impenetrabilità di cui parliamo non si deve confondere colla forza di resistere alla penetrazione, che

entra nella definizion nominale della materia. Un corpo non perderebbe certo il nome e l'essere di corpo, se dopo avere sino a un certo punto resistito alla penetrazione, si lasciasse alla fine penetrare da un altro corpo. Se dunque vogliamo attenerci strettamente all'osservazione e all'esperienza, dobbiamo dire che l'impenetrabilità è una proprietà generale, ma non essenziale della materia

22. Dall' impenetrabilità dipende la coercibilità, che è la proprietà che hanno i corpi di poter essere racchiusi entro uno spazio senza che possano uscirne. Servano d'esempio l'acqua, l'aria e le sostanze odorose, che collocate in vasi di metallo o di vetro ermeticamente chiusi, vi si possono conservare per un tempo indefinito. I corpi ponderabili sono tutti coercibili.

Capo III.

Della Porosità, Compressibilità ed Elasticità.

Porosità.

23. *L'E penetrazioni apparenti che osserviamo fra corpo e corpo (20) ci fanno anche conoscere che le molecule costituenti un corpo non sono fra loro sì strettamente connesse da non lasciare de' vani o interstizî. Questi vani o interstizi diconsi* Pori, *e* Porosità *la proprietà di avere le molecule tramezzate da pori. Che la porosità sia una proprietà generale della materia ce lo dimostra il restringimento che subiscono tutti i corpi quando vengono sottomessi a più o meno forti pressioni od al raffreddamento. Oltre a ciò vi hanno molte osservazioni ed esperienze che provano la sommia porosità della materia. Il mercurio trapela attraverso il legno ed il cuoio; l'acqua filtra per le rocce, seco traendo le molecule che adornano i sotterranei di vaghissimi stalattiti e stalamiti; l'alcool e gli oli fanno penetrare le materie coloranti nei marmi fino a molta profondità e l'aria s'insinua nelli quidi e nelle cupe voragini dell'oceano.*

Sebbene i pori propriamente detti sfuggano ai sensi, pure siamo soliti di chiamare pori anche quelle piccole ca-

vità e lacune che l'occhio, specialmente se aiutato da forti lenti discerne in molte sostanze animali e vegetali ed anco in alcuni minerali.

I pori non sono sempre vuoti d'ogni materia ponderabile, ma spesso contengono o aria o altri fluidi, come si scorge in alcuni corpi, che tuffati nell'acqua o altro liquido mandano fuori delle bollicine aeree.

24. Cade poi in acconcio l'indicare alcuna cosa intorno al volume di un corpo. Si chiama **volume** di un corpo lo spazio contenuto sotto la sua superficie apparente. Diciamo superficie **apparente**, perchè il volume comprende non solo tutti i pori interni, ma anche quelli che il corpo può avere alla superficie. Per misurare i volumi, oltre i metodi che insegna la Geometria, si sogliono in Fisica adoperare de' vasi di capacità conosciuta e graduati. L'uso di questi vasi per i corpi fluidi non ha bisogno di alcuna dichiarazione. Quanto ai solidi, per misurarne il volume, si versa dell'acqua nel vaso, quindi vi si tuffa il solido, avvertendo che tutto resti sommerso nell'acqua, e si osserva di quanto s'innalza il livello di essa. Se il solido rimane galleggiante, lo si unisce ad un altro che lo porti a fondo, e dal volume totale dei due corpi si detrae quello del corpo aggiunto. Trattandosi di solidi solubili nell'acqua o che l'assorbono nei loro pori, si fa uso di un altro liquido, ovvero si copre la superficie del solido di un sottilissimo strato di vernice impermeabile all'acqua.

Compressibilità.

25. La **Compressibilità** è quella proprietà che hanno

i corpi di lasciarsi ristringere e ridurre ad un minor volume per la pressione.

Fra i corpi solidi ci porgono esempio di grande compressibilità molte sostanze organiche, come il sughero, la gomma elastica, il midollo di sambuco, &c. Anche i minerali ed i metalli si ristringono alquanto per la pressione; e se il piombo si dilata sotto il martello, ciò si deve attribuire alla sua grande mollezza; poichè operando in modo che il metallo non possa sfuggire lateralmente all'effetto della pressione, si ristringe anch'esso come tutti gli altri solidi.

26. I liquidi si ristringono tanto poco per la pressione, che fino circa la metà del secolo scorso si tennero per incompressibili. Ma l'esperienza finalmente ha dimostrato che anche i liquidi si comprimono un poco e che la loro compressibilità varia col variare delle circostanze (1). Gli apparati che si usano per dimostrare e misurare la compressione de' liquidi si chiamano **piezometri**.

27. I fluidi aerei sono fra tutti i corpi i più compressibili. L'aria chiusa in una vescica o in un tubo munito di stantuffo si riduce ad un quarto o quinto del suo volume colla sola forza della mano. Lo stesso accade a tutti gli altri fluidi aerei. L'esperienze di molti fisici han

---

(1). Le circostanze che fanno variare il coefficiente di compressibilità ne' liquidi sono la temperatura e la pressione iniziale. Così per esempio il coefficiente di compressibilità dell'acqua alla temperatura 0° è 0,000050; ed a 43° è 0,000044: ed il coefficiente di compressibilità dell'alcool alla temperatura 13° sotto

no provato che i fluidi aerei nel comprimersi seguono prossimamente la legge detta di Mariotte o di Boyle; cioè „ i loro volumi ad uguale temperatura sono in ragione in„ versa delle pressioni „. Si è detto prossimamente, perchè l'esattezza di questa legge non è dimostrata dai fatti; anzi le diminuzioni di volume che si osservano nei fluidi aerei al crescere della pressione generalmente parlando sono maggiori delle diminuzioni calcolate secondo la legge di Mariotte. Il solo idrogene si è trovato comprimersi meno di quanto si esigerebbe da quella legge.

La compressibilità sebbene sia proprietà generale della materia, perchè dipendente dalla porosità, pure l'attuale compressione ha i suoi limiti, oltrepassati i quali i solidi si spezzano, ed i fluidi o passano ad altro stato, o rompono i recipienti che li contengono.

Elasticità.

28. Tutti i corpi, quando sono stati alterati di figura o di volume da una forza estrinseca, al cessare di questa tendono più o meno a riprendere la figura o il volume di prima. Questa proprietà chiamasi **elasticità**.

Allorchè un liquido o un fluido aereo si comprime in un tubo mediante uno stantuffo, cessata la pressione, lo stantuffo torna su, e il liquido o il fluido aereo riprende il suo volume: dunque i fluidi sono perfettamente ela-

---

la pressione iniziale di $1^{atm},57$ è 0,000090; ed alla stessa temperatura è 0,000099 sotto la pressione iniziale di $8^{atm},97$. —

dici, cioè abbandonati a se medesimi ripigliano esattamente il volume primitivo.

29. L'elasticità dei solidi generalmente è imperfetta, cioè ritengono una parte dell'alterazione che hanno sofferta. Ciononostante, se la forza estrinseca non sia troppo grande, o non agisca per un tempo troppo lungo, anche in alcune sostanze solide l'elasticità è sensibilmente perfetta. Tali sono l'avorio, la gomma elastica, il midollo di sambuco, il sughero, l'ottone battuto, l'acciaio temperato &c. Al contrario la cera, il piombo, le argille e le sostanze grasse mostrano appena tanto di elasticità quanto basta onde si possa conchiudere, che l'elasticità è proprietà generale anche delle sostanze solide.

Nei corpi solidi l'elasticità si manifesta non solo per la pressione, ma anche per la torsione, flessione e trazione; ma di queste specie di elasticità che appartengono unicamente ai corpi solidi si parlerà a suo luogo.

Capo IV.

Della Gravità e del Peso

30. LA Gravità è la forza che fa cadere i corpi verso la terra. Essa opera secondo una direzione, che è costante in un medesimo luogo e si determina colla seguente esperienza. Ad una estremità di un filo si sospende un pezzetto di piombo o qualunque altro corpo, e l'altra estremità del filo medesimo si attacca ad un sostegno fisso. Al-

lorchè il corpo sospeso è in equilibrio, l'azione della gravità è distrutta dalla resistenza del filo; ma due forze che si distruggono mutuamente sono eguali e dirette in senso contrario; dunque » la direzione della » gravità è quella del filo a piombo ». Questa direzione che dicesi anche verticale, si trova sempre normale alla superficie delle acque tranquille, ossia alla superficie della terra supposta priva di cavità e di prominenze; e siccome le normali alla superficie di una sferoide poco schiacciata, qual'è la nostra terra, prolungate passano tutte vicino al centro della medesima, perciò si può anche meglio definire la gravità, dicendola » quella forza, che trae i corpi verso il centro della terra ».

31. — La Gravità comunica a tutti i corpi la stessa velocità —. Questa verità ci è mostrata solamente dall'esperienza. Dall'alto di un tubo di cristallo, in cui si è fatto il vuoto più perfetto che si può, si lasciano cadere una palla di piombo ed una piuma o altri corpi diversi, e non si osserva differenza sensibile nel tempo di loro caduta. Questa differenza va poi crescendo di mano in mano che l'aria rientra nel tubo; e quando nel tubo sia tornata tutta l'aria che n'era stata cacciata, la differenza apparisce notabilissima. Esperienza ancor più semplice è la seguente. Si prende una moneta, e si taglia un disco di carta eguale in diametro al diametro della moneta. Se la moneta e il disco si lasciano cadere separatamente, si osserva in questo minore velocità; ma se la carta si sovrappone alla moneta e si lasciano cadere assieme, si vedono ambedue arrivare a terra nello stesso tempo: certo non per altro se non perchè, esclusa l'aria fra l'uno e l'altro corpo, la gravità gli comunica la stessa velocità. Al

l'azione perturbatrice dell'aria deve dunque attribuirsi la disuguale velocità che osserviamo nei corpi quando cadono in questo mezzo. Quale sia la cagione del diverso ritardo che produce l'aria nella caduta dei gravi si dirà più tardi.

32. Allorchè un corpo è sostenuto, la gravità manifesta la sua azione su di esso collo sforzo che il corpo impedito dal cadere fa sull'ostacolo che lo trattiene. Questo sforzo dicesi **Peso**; onde il peso è un effetto della gravità.

33. Dicesi **massa** di un corpo la somma delle particelle pesanti che lo compongono. La massa considerata sotto un volume determinato p. e. di un centimetro cubo appellasi densità. Crescendo la massa, crescerà anche il peso: massa e peso sono dunque tra loro proporzionali. Non è però lo stesso massa e peso. Portando un corpo in qualsivoglia luogo ed a qualunque altezza, avrà sempre la stessa massa, ma potrà variare moltissimo il peso. All'incontro potrà un corpo all'equatore della terra aver lo stesso peso di un altro ai poli, mentre le masse saranno fra loro disuguali (38). Ma nello stesso luogo se due corpi hanno ugual peso, hanno anche massa equivalente; perciò la massa si misura dal peso.

L'operazione di pesare i corpi essendo una delle più importanti così in Fisica come in Chimica, è necessario conoscere la maniera di eseguirla colla dovuta precisione, tanto più che una perfetta esattezza appena mai si trova nelle bilancie anche di miglior costruzione. Regolata la bilancia per modo che l'indice o **giudice** sia sullo zero della scala graduata, si ponga in uno dei due piatti il corpo di cui si cerca il peso, e nell'altro de' contrappesi qualunque fino adottenere l'equilibrio, valendosi per ultimo di piccoli corpicciuoli, come palline di piombo, granelli di sabbia ed anche pezzet-

ti di carta. L'equilibrio sarà ottenuto quando l'escursioni dell'indice dall'una e dall'altra parte dello zero sieno uguali. Quindi si tolga il corpo di cui si cerca il peso, ed in suo luogo si mettano nello stesso piatto le unità di misura, ossia il gramma co' suoi multipli e summultipli fino che di nuovo si stabilisca l'equilibrio. E' manifesto che i pesi adoperati a stabilir l'equilibrio dànno sempre il peso cercato. Ove si usi questo metodo di pesare imaginato da Borda e che dicesi delle due pesate, non è necessario che la bilancia sia giusta, ma basta che sia sensibile, vale a dire che per ogni piccola variazione di peso se ne alteri l'equilibrio. Quanto alla correzione relativa al peso dell'aria si vedarà paragrafo 66.

34. Il peso di un corpo si dice relativo o assoluto secondochè si riferisce o no al peso di un altro corpo preso per unità di misura. Il peso relativo si determina per mezzo della bilancia, e l'unità di misura generalmente adottata è il gramma, cioè „ il peso che ha nel vuoto, presso il livello del mare, alla latitudine di 45° un centimetro cubo di acqua stillata al massimo di densità. „ (1) „. Pesando un vaso di cristallo prima voto e poi pieno di un fluido aereo qualunque, si trova, che anche questi fluidi hanno peso, e che l'aria atmosferica pesa 1^{gr}; 293 circa per ogni litro cubo; dunque „ non solo i solidi e i liquidi, ma anche i fluidi aerei sono gravi „. Nei fluidi eteri non si è ancora osservato peso sensibile, quindi è venuta la divisione (4) de' corpi in ponderabili ed

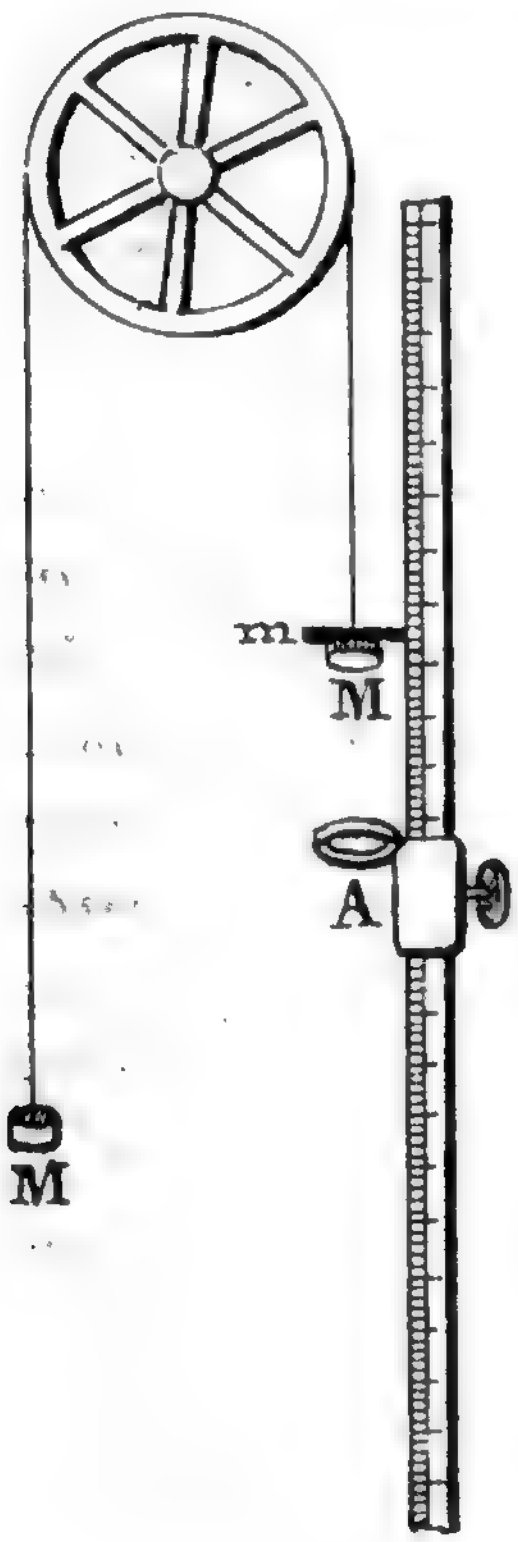
---

(1) L'acqua stillata ha il massimo di densità alla temperatura +4°C.

imponderabili. Si avverta però che i fluidi eterei si dicono imponderabili solo relativamente ai mezzi che abbiamo per esplorare il peso dei corpi.

Leggi della caduta de' gravi.

35. *Le leggi della caduta dei gravi si dimostrano assai bene per mezzo della macchina d' Atwood. L'essenziale di questa macchina consiste in una girella mobilissima nella cui gola è avvolto un filo di seta che porta appese ai due capi due masse metalliche* **M, M** *perfettamente uguali, eppero' che si fanno equilibrio, qualunque sia la posizione in cui vengono collocate. Allorchè ad una di queste masse si aggiunge un piccolo peso* **m**, *questo per l'azione della gravità rompe l'equilibrio e scende, ma dovendo tirar seco le due masse* **M, M** *cui è congiunto, la sua velocità diminuisce nella ragione di* **2M+m : m**. *Diminuita così a piacimento la velocità, si potranno facilmente osservare gli spazi che percorrono i corpi cadendo; nè avremo a temere che i risultati siano notabilmente alterati dalla resistenza dell'aria; giacchè la meccanica insegna che la resistenza che l'aria oppone ai corpi cadenti è proporzionale al qua-*



drato della velocità de' corpi medesimi : eppero' piccolissima, se piccolissima sia la loro velocità .

Prima Sperienza

36. Per fissare le idee, si prenda $M = 202^{gr}$, $m = 5^{gr}$ e si osservino gli spazî che il peso $M+m$ percorre cadendo lungo un asta divisa in centimetri durante 1, 2, 3, 4 ..... minuti secondi : ecco i risultati

Tempi	$1''$,	$2''$,	$3''$,	$4''$:
Spazî percorsi	5^c ,	20^c ,	45^c ,	80^c .

Da questa esperienza si deducono le tre leggi che seguono.

1°. „ Nella nostra latitudine presso la superficie della „ terra un corpo cadendo liberamente per $1''$ di tempo per „ corre lo spazio di metri $4,9$ „ . Ciò si ricava dalla proposizione

$$m : 2M+m = 5^c : x ,$$

ossia

$$5 : 409 = 5 : x ,$$

donde

$$x = 409^c = 4^m,9 .$$

2°. „ Gli spazî parziali, cioè percorsi nel 1°. 2°, 3°, 4° mi„ nuto secondo sono tra loro come la serie naturale de' „ numeri dispari 1, 3, 5, 7. Infatti gli spazî percorsi nel 2°, 3° e 4° secondo sono

$$20-5 = 15 \quad , \quad 45-20 = 25 \quad , \quad 80-45 = 35 ,$$

ed ognuno vede che

$$5 : 15 : 25 : 35 = 1 : 3 : 5 : 7 .$$

Seconda Sperienza.

37. Se per mezzo di un anello A fissato nell'asta graduata si arresti il peso aggiunto m dopo 1", 2", 3" o 4" e si osservino gli spazî che il corpo M continuando a muoversi solamente in virtù dell'inerzia, eppoò con moto uniforme, percorre in 1", troveremo come appresso,

Dopo	1"	, 2"	, 3"	, 4"
Spazî in 1"	10°	, 20°	, 30°	, 40° .

Questi spazî che il corpo M ha percorsi in 1" colle velocità acquistate dalla gravità dopo 1", 2", 3" o 4" sono proporzionali ai tempi medesimi; di più il primo è doppio dello spazio percorso in ugual tempo dal corpo M+m nella precedente esperienza : dunque

1°„ La velocità acquistata da un corpo che cade liberamente per l'azione della gravità è proporzionale al
„ tempo che impiega nel cadere „ .

2°. „ Lo spazio che con moto uniforme percorre un cor-
„ po in un tempo qualunque in virtù della velocità ac-
„ quistata per l'azione della gravità è doppio dello spa-
„ zio che nel medesimo tempo ha percorso cadendo li-
„ beramente per la forza di gravità „ .

Variando i pesi delle masse M , m variano anche i

risultati numerici delle esperienze, ma non variano i loro rapporti, e per conseguenza le leggi che abbiamo stabilite.

Misura della Gravità

38. La misura della gravità si prende dal doppio spazio che percorre un corpo cadendo liberamente durante l'unità di tempo che suol essere 1". Questa misura per Roma presso la superficie della terra è (36. r.) $9^m,8$, o come si è trovato più esattamente con altro metodo $9^m,8042$.

Si è detto per Roma e presso la superficie della terra, poichè l'esperienza ha dimostrato che la gravità non è la stessa in tutte le latitudini, ma va crescendo dall'equatore ai poli. A Parigi la gravità è $9^m,8089$, vale adire $0^m,0047$ maggiore che a Roma. Ciò dipende da due cagioni, cioè dalla forza centrifuga, che come insegna la Meccanica si oppone alla gravità, e va scemando dall'equatore ai poli, e dalla figura della Terra, il cui raggio va pure scemando dall'equatore ai poli (1). Anche nella medesima latitudine la gravità non è la stessa a diverse distanze dalla superficie della terra, ma diminuisce a

(1) A spiegare le modificazioni che subisce la gravità nel variare la distanza dal centro della Terra è necessario che si sappia: 1° che la gravità terrestre è un caso particolare della gravitazione universale; 2° che la gravitazione universale opera in ragion diretta delle masse e nell'inversa duplicata delle distanze; 3° che la risultante delle forze elementari costituenti la gravità terrestre ha il suo punto di applicazione nel centro della Terra.

i' corpi di lasciarsi ristringere e ridurre ad un minor volume per la pressione.

Fra i corpi solidi ci porgono esempio di grande compressibilità molte sostanze organiche, come il sughero, la gomma elastica, il midollo di sambuco, &c. Anche i minerali ed i metalli si ristringono alquanto per la pressione; e se il piombo si dilata sotto il martello, ciò si deve attribuire alla sua grande mollezza; poichè operando in modo che il metallo non possa sfuggire lateralmente all'effetto della pressione, si ristringe anch'esso come tutti gli altri solidi.

26. I liquidi si ristringono tanto poco per la pressione, che fino circa la metà del secolo scorso si tennero per incompressibili. Ma l'esperienza finalmente ha dimostrato che anche i liquidi si comprimono un poco e che la loro compressibilità varia col variare delle circostanze (1). Gli apparati che si usano per dimostrare e misurare la compressione de' liquidi si chiamano **piezometri**.

27. I fluidi aerei sono fra tutti i corpi i più compressibili. L'aria chiusa in una vesica o in un tubo munito di stantuffo si riduce ad un quarto o quinto del suo volume colla sola forza della mano. Lo stesso accade a tutti gli altri fluidi aerei. L'esperienze di molti fisici han

---

(1). Le circostanze che fanno variare il coefficiente di compressibilità ne' liquidi sono la temperatura e la pressione iniziale. Così per esempio il coefficiente di compressibilità dell'acqua alla temperatura 0° è 0,000050; ed a 43° è 0,000044: ed il coefficiente di compressibilità dell'alcool alla temperatura 13° sotto

no provato che i fluidi aerei nel comprimersi seguono prossimamente la legge detta di Mariotte o di Boyle; cioè „ i loro volumi ad uguale temperatura sono in ragione in„ versa delle pressioni „. Si è detto prossimamente, perchè l'esattezza di questa legge non è dimostrata dai fatti; anzi le diminuzioni di volume che si osservano nei fluidi aerei al crescere della pressione generalmente parlando sono maggiori delle diminuzioni calcolate secondo la legge di Mariotte. Il solo idrogene si è trovato comprimersi meno di quanto si esigerebbe da quella legge.

La compressibilità sebbene sia proprietà generale della materia, perchè dipendente dalla porosità, pure l'attuale compressione ha i suoi limiti, oltrepassati i quali i solidi si spezzano, ed i fluidi o passano ad altro stato, o rompono i recipienti che li contengono.

Elasticità.

28. Tutti i corpi, quando sono stati alterati di figura o di volume da una forza estrinseca, al cessare di questa tendono più o meno a riprendere la figura o il volume di prima. Questa proprietà chiamasi **elasticità**.

Allorchè un liquido o un fluido aereo si comprime in un tubo mediante uno stantuffo, cessata la pressione, lo stantuffo torna su, e il liquido o il fluido aereo riprende il suo volume: dunque i fluidi sono perfettamente ela-

---

la pressione iniziale di $1^{atm},57$ è 0,000090; ed alla stessa temperatura è 0,000099 sotto la pressione iniziale di $8^{atm},97$. —

stici, cioè abbandonati a se medesimi ripigliano esattamente il volume primitivo.

29. L'elasticità dei solidi generalmente è imperfetta, cioè ritengono una parte dell'alterazione che hanno sofferta. Ciononostante, se la forza estrinseca non sia troppo grande, o non agisca per un tempo troppo lungo, anche in alcune sostanze solide l'elasticità è sensibilmente perfetta. Tali sono l'avorio, la gomma elastica, il midollo di sambuco, il sughero, l'ottone battuto, l'acciaio temperato &c. Al contrario la cera, il piombo, le argille e le sostanze grasse mostrano appena tanto di elasticità quanto basta onde si possa conchiudere, che l'elasticità è proprietà generale anche delle sostanze solide.

Nei corpi solidi l'elasticità si manifesta non solo per la pressione, ma anche per la torsione, flessione e trazione; ma di queste specie di elasticità che appartengono unicamente ai corpi solidi si parlerà a suo luogo.

Capo IV.

Della Gravità e del Peso

30. LA Gravità è la forza che fa cadere i corpi verso la terra. Essa opera secondo una direzione, che è costante in un medesimo luogo e si determina colla seguente esperienza. Ad una estremità di un filo si sospende un pezzetto di piombo o qualunque altro corpo, e l'altra estremità del filo medesimo si attacca ad un sostegno fisso. Al-

lorchè il corpo sospeso è in equilibrio, l'azione della gravità è distrutta dalla resistenza del filo; ma due forze che si distruggono mutuamente sono eguali e dirette in senso contrario; dunque » la direzione della » gravità è quella del filo a piombo ». Questa direzione che dicesi anche verticale, si trova sempre normale alla superficie delle acque tranquille, ossia alla superficie della terra supposta priva di cavità e di prominenze; e siccome le normali alla superficie di una sferoide poco schiacciata, qual'è la nostra terra, prolungate passano tutte vicino al centro della medesima, perciò si può anche meglio definire la gravità, dicendola » quella forza, che trae i corpi verso il centro della terra ».

31. — La Gravità comunica a tutti i corpi la stessa velocità —. *Questa verità ci è mostrata solamente dall'esperienza. Dall'alto di un tubo di cristallo, in cui si è fatto il vuoto più perfetto che si può, si lasciano cadere una palla di piombo ed una piuma o altri corpi diversi, e non si osserva differenza sensibile nel tempo di loro caduta. Questa differenza va poi crescendo di mano in mano che l'aria rientra nel tubo; e quando nel tubo sia tornata tutta l'aria che n'era stata cacciata, la differenza apparisce notabilissima. Sperienza ancor più semplice è la seguente. Si prende una moneta, e si taglia un disco di carta eguale in diametro al diametro della moneta. Se la moneta e il disco si lasciano cadere separatamente, si osserva in questo minore velocità; ma se la carta si sovrappone alla monata e si lasciano cadere assieme, si vedono ambedue arrivare a terra nello stesso tempo: certo non per altro se non perchè, esclusa l'aria fra l'uno e l'altro corpo, la gravità gli comunica la stessa velocità. Al*

l'azione perturbatrice dell'aria deve dunque attribuirsi la diseguale velocità che osserviamo nei corpi quando cadono in questo mezzo. Quale sia la cagione del diverso ritardo che produce l'aria nella caduta dei gravi si dirà più tardi.

32. Allorchè un corpo è sostenuto, la gravità manifesta la sua azione su di esso collo sforzo che il corpo impedito dal cadere fa sull'ostacolo che lo trattiene. Questo sforzo dicesi **Peso**; onde il peso è un effetto della gravità.

33. Dicesi **massa** di un corpo la somma delle particelle pesanti che lo compongono. La massa considerata sotto un volume determinato p. e. di un centimetro cubo appellasi **densità**. Crescendo la massa, crescerà anche il peso: massa e peso sono dunque tra loro proporzionali. Non è però lo stesso massa e peso. Portando un corpo in qualsivoglia luogo ed a qualunque altezza, avrà sempre la stessa massa, ma potrà variare moltissimo il peso. All'incontro potrà un corpo all'equatore della terra aver lo stesso peso di un altro ai poli, mentre le masse saranno fra loro disuguali (38). Ma nello stesso luogo se due corpi hanno ugual peso, hanno anche massa equivalente; perciò la massa si misura dal peso.

L'operazione di pesare i corpi essendo una delle più importanti così in Fisica come in Chimica, è necessario conoscere la maniera di eseguirla colla dovuta precisione, tanto più che una perfetta esattezza appena mai si trova nelle bilancie anche di miglior costruzione. Regolata la bilancia per modo che l'indice o **giudice** sia sullo zero della scala graduata, si ponga in uno dei due piatti il corpo di cui si cerca il peso, e nell'altro de' contrappesi qualunque fino adottenere l'equilibrio, valendosi per ultimo di piccoli corpicciuoli, come pallini di piombo, granelli di sabbia ed anche pezzet-

ti di carta: L'equilibrio sarà ottenuto quando l'escursioni dell'indice dall'una e dall'altra parte dello zero sieno uguali. Quindi si tolga il corpo di cui si cerca il peso, ed in suo luogo si mettano nello stesso piatto le unità di misura, ossia il grammo co' suoi multipli e summultipli fino che di nuovo si stabilisca l'equilibrio. E' manifesto che i pesi adoperati a stabilir l'equilibrio dànno sempre il peso cercato. Ove si usi questo metodo di pesare imaginato da Borda e che dicesi delle due pesate, non è necessario che la bilancia sia giusta, ma basta che sia sensibile, vale a dire che per ogni piccola variazione di peso se ne alteri l'equilibrio. Quanto alla correzione relativa al peso dell'aria si vedaal paragrafo 66.

34. Il peso di un corpo si dice relativo o assoluto secondochè si riferisce o no al peso di un altro corpo preso per unità di misura. Il peso relativo si determina per mezzo della bilancia, e l'unità di misura generalmente adottata è il grammo, cioè „ il peso che ha nel vuoto, presso il livello del mare, alla latitudine di 45° un centimetro cubo di acqua stillata al massimo di densità. „ (1) „. Pesando un vaso di cristallo prima voto e poi pieno di un fluido aereo qualunque, si trova, che anche questi fluidi hanno peso, e che l'aria atmosferica pesa 1gr, 293 circa per ogni litro cubo; dunque „ non solo i solidi e i liquidi, ma anche i fluidi aerei sono gravi „. Nei fluidi eteri non si è ancora osservato peso sensibile, quindi è venuta la divisione (4) de' corpi in ponderabili ed

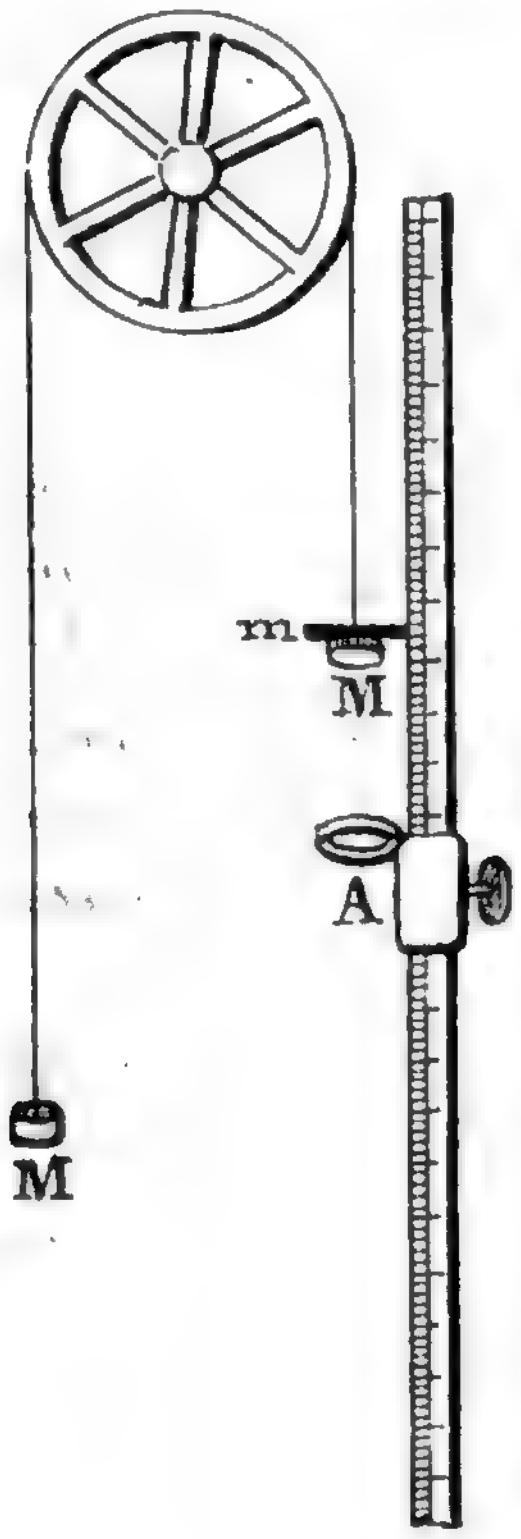
---

(1) L'acqua stillata ha il massimo di densità alla temperatura +4°C.

imponderabili. Si avverta però che i fluidi eterei si dicono imponderabili solo relativamente ai mezzi che abbiamo per esplorare il peso dei corpi.

Leggi della caduta de' gravi.

35. *Le leggi della caduta dei gravi si dimostrano assai bene per mezzo della macchina d' Atwood. L'essenziale di questa macchina consiste in una girella mobilissima nella cui gola è avvolto un filo di seta che porta appese ai due capi due masse metalliche* **M, M** *perfettamente uguali, epperò che si fanno equilibrio, qualunque sia la posizione in cui vengono collocate. Allorchè ad una di queste masse si aggiunge un piccolo peso* **m**, *questo per l'azione della gravità rompe l'equilibrio e scende, ma dovendo tirar seco le due masse* **M, M** *cui è congiunto, la sua velocità diminuisce nella ragione di* **2M+m : m**. *Diminuita così a piacimento la velocità, si potranno facilmente osservare gli spazî che percorrono i corpi cadendo; nè avremo a temere che i risultati siano notabilmente alterati dalla resistenza dell'aria; giacchè la meccanica insegna che la resistenza che l'aria oppone ai corpi cadenti è proporzionale al qua-*



drato della velocità de' corpi medesimi : eppero' piccolissima, se piccolissima sia la loro velocità .

Prima Sperienza

36. *Per fissare le idee, si prenda* $M = 202^{gr}$, $m = 5^{gr}$ *e si osservino gli spazî che il peso* $M+m$ *percorre cadendo lungo un asta divisa in centimetri durante* 1, 2, 3, 4 ..... *minuti secondi : ecco i risultati*

Tempi	1″	, 2″	, 3″	, 4″ :
Spazî percorsi	5°	, 20°	, 45°	, 80° .

Da questa esperienza si deducono le tre leggi che seguono.

1°. „ *Nella nostra latitudine e presso la superficie della* „ *terra un corpo cadendo liberamente per* 1″ *di tempo per* „ *corre lo spazio di metri* 4,9 „ . *Ciò si ricava dalla proposizione*

$$m : 2M+m = 5^c : x ,$$

ossia

$$5 : 409 = 5 : x ,$$

donde

$$x = 409^c = 4^m,9 .$$

2°. „ *Gli spazî parziali, cioè percorsi nel* 1°, 2°, 3°, 4° *mi-* „ *nuto secondo sono tra loro come la serie naturale de'* „ *numeri dispari* 1, 3, 5, 7. *Infatti gli spazî percorsi nel* 2°, 3° *e* 4° *secondo sono*

$$20-5 = 15 \quad , \quad 45-20 = 25 \quad , \quad 80-45 = 35 ,$$

ed ognuno vede che

$$5 : 15 : 25 : 35 = 1 : 3 : 5 : 7 .$$

Seconda Sperienza.

37. Se per mezzo di un anello A fissato nell'asta graduata si arresti il peso aggiunto m dopo 1", 2", 3" o 4" e si osservino gli spazî che il corpo M continuando a muoversi solamente in virtù dell'inerzia, epperò con moto uniforme, percorre in 1", troveremo come appresso,

Dopo	1"	2"	3"	4"
Spazî in 1"	10°	20°	30°	40°.

Questi spazî che il corpo M ha percorsi in 1" colle velocità acquistate dalla gravità dopo 1", 2", 3" o 4" sono proporzionali ai tempi medesimi; di più il primo è doppio dello spazio percorso in ugual tempo dal corpo M+m nella precedente esperienza : dunque

1°„ La velocità acquistata da un corpo che cade liberamente per l'azione della gravità è proporzionale al
„ tempo che impiega nel cadere „ .

2°. „ Lo spazio che con moto uniforme percorre un cor-
„ po in un tempo qualunque in virtù della velocità ac-
„ quistata per l'azione della gravità è doppio dello spa-
„ zio che nel medesimo tempo ha percorso cadendo li-
„ beramente per la forza di gravità „ .

Variando i pesi delle masse M , m variano anche i

risultati numerici delle esperienze, ma non variano i loro rapporti, e per conseguenza le leggi che abbiamo stabilite.

Misura della Gravità

38. La misura della gravità si prende dal doppio spazio che percorre un corpo cadendo liberamente durante l'unità di tempo che suol essere 1". Questa misura per Roma presso la superficie della terra è (36. r.) $9^m,8$, o come si è trovato più esattamente con altro metodo $9^m,8042$.

Si è detto per Roma e presso la superficie della terra, poichè l'esperienza ha dimostrato che la gravità non è la stessa in tutte le latitudini, ma va crescendo dall'equatore ai poli. A Parigi la gravità è $9^m,8089$, vale a dire $0^m,0047$ maggiore che a Roma. Ciò dipende da due cagioni, cioè dalla forza centrifuga, che come insegna la Meccanica si oppone alla gravità, e va scemando dall'equatore ai poli, e dalla figura della Terra, il cui raggio va pure scemando dall'equatore ai poli (1). Anche nella medesima latitudine la gravità non è la stessa a diverse distanze dalla superficie della terra, ma diminuisce a

(1) A spiegare le modificazioni che subisce la gravità nel variare la distanza dal centro della Terra è necessario che si sappia 1° che la gravità terrestre è un caso particolare della gravitazione universale; 2° che la gravitazione universale opera in ragion diretta delle masse e nell'inversa duplicata delle distanze; 3° che la risultante delle forze elementari costituenti la gravità terrestre ha il suo punto di applicazione nel centro della Terra.

proporzione che si ascende a maggiore altezza al di sopra, o si discende a maggiore profondità al disotto della superficie medesima. All'altezza di 6000^m si è trovata la gravità diminuita di $\frac{19}{1000}$, ed alla profondità di 383^m si è pure trovata diminuita di $\frac{1}{19190}$ (1). Se non che queste differenze sono talmente piccole, che nelle circostanze ordinarie alla medesima latitudine fisicamente si può considerare la gravità come costante.

Peso Specifico

39. Si chiama peso specifico il peso che ha un corpo sotto certo volume, relativamente al peso di un ugual volume di acqua stillata. L'espressione **peso specifico** e densità relativa all'acqua (33) si possono dunque considerare come equivalenti.

Dalla definizione del peso specifico si fa manifesto, che per determinarlo in un corpo si dovrà primieramente trovare il suo peso relativo P, e quindi il peso P' di un egual volume d'acqua stillata; il quoziente $\frac{P}{P'} = p$ sarà il peso specifico del corpo.

---

(1) Si prova in Meccanica che se la Terra fosse omogenea la gravità diminuirebbe dalla superficie al centro in ragion diretta della distanza. Ciò importa per la profondità di 383^m una diminuzione maggiore di $\frac{1}{19190}$, che ci è data dall'esperienza. Sembra dunque che si possa conchiudere che il nucleo interno della nostra Terra ha densità maggiore degli strati più vicini alla superficie.

In pratica se il corpo è fluido si prende un recipiente atto a contenerlo e se ne esplora esattamente il peso. Si pesa quindi lo stesso recipiente prima pieno del fluido di cui si cerca il peso specifico, e.g. di mercurio, e poi d'acqua stillata. Da ciascuno di questi due pesi si sottrae il peso del recipiente, e si divide il primo per il secondo. Supposto che il recipiente vuoto pesi $15^{gr},3$, pieno di mercurio $181^{gr},22$ e pieno d'acqua stillata $27^{gr},5$; avremo

$$\frac{P}{P'} = \frac{181,22 - 15,3}{27,5 - 15,3} = \frac{165,92}{12,2} = 13,6$$

dunque il peso specifico del mercurio è 13,6; vale a dire, ad egual volume il mercurio pesa 13 volte e 6 decimi più dell'acqua stillata.

Se il corpo è solido, e.g. un oggetto d'oro del peso di $6^{gr},45$; si prende un vasello di apertura bastevolmente grande, si empie d'acqua stillata, si pone sul piatto di una bilancia unitamente all'oro e si stabilisce l'equilibrio. Dopo ciò si toglie dalla bilancia il vasello, e vi si mette dentro l'oro, il che non si può fare senza cacciar fuori dal vasello un volume d'acqua uguale al volume dell'oro. Rimesso il vasello sul piatto della bilancia, l'equilibrio non ha più luogo, e per ristabilirlo è necessario aggiungere un certo peso e.gr. $0^{gr}.33$ dalla parte del vasello. Questo peso aggiunto sarà il peso di un volume d'acqua uguale al volume dell'oro. Non rimane dunque altro che dividere 6,45 peso dell'oro per 0.33 peso di un egual volume di acqua, ed avremo circa 19,5 per il peso specifico cercato.

Se il solido è solubile nell'acqua o l'assorbe, si

useranno gli artifizî indicati di sopra (24). In ogni caso però è necessario asciugar bene al difuori il vasello prima di porlo sul piatto della bilancia, cacciare le bolle d'aria che spesso restano aderenti ai solidi immersi nei liquidi, e sopratutto assicurarsi che il livello dell'acqua nel vasello sia esattamente lo stesso prima e dopo l'immersione del solido.

40. Il peso specifico è uno dei caratteri che servono a distinguere i diversi corpi, ed è però di uso continuo specialmente nella Chimica. Altri metodi più facili per ottenerlo si daranno al Capo VII. Ma si osservi che quando si voglia usare accuratezza è necessario dichiarare a quale temperatura si è trovato il peso specifico; poichè al variare della temperatura generalmente parlando varia anche il rapporto delle densità. Trattandosi di fluidi aerei, oltre alla temperatura fa duopo aver riguardo anche alla pressione atmosferica (27). Il peso specifico di questi fluidi si suol riferire al peso dell'aria preso per unità; ma è poi facile ridurlo all'unità comune cioè all'acqua, sapendosi che il peso specifico dell'aria secca alla temperatura zero e sotto la pressione di 760^{mm} è 0,001293. Si veggа nella Chimica la Tavola dei pesi specifici delle sostanze semplici.

Capo V.

Dell'attrazione moleculare

41. *Il carattere indicato (7) de' corpi solidi suppone una forza aggregativa che congiunga e ritenga unite le molecule materiali. Questa forza chiamasi* **attrazione molecolare**. *L'attrazione molecolare si distingue dalla gravità e dalle altre forze che agiscono a distanza, per la qualità che essa possiede di non manifestarsi che a distanza insensibile o al contatto apparente; per ogni piccolissimo allontanamento che a noi sia sensibile cessa di manifestarsi. Si distinguono tre specie di attrazione molecolare; la coesione, l'adesione e l'affinità.*

42. *La* **coesione** *è quella forza che in un medesimo corpo unisce e tiene unite le molecule della stessa natura. Ella si manifesta principalmente ne' corpi solidi, nelle pietre, nei metalli, nei legni &c. Varia però moltissimo dall'uno all'altro corpo secondo la lor diversa natura, e suol crescere pel freddo e diminuire per il calore. La coesione varia non solamente colla natura dei corpi, ma anche col diverso modo di aggregazione che possono avere le molecule di un medesimo corpo. Ciò vediamo tutto giorno accadere nella tempera dell'acciaio, e nell'incrudimento dei metalli sotto l'azione della trafila, del laminatoio e del martello.*

In qualche debole grado la coesione si manifesta an-

che nei liquidi. Una goccia di mercurio che cada sopra una tavola non si spande nella superficie sottoposta, ma si raccoglie in un globetto; cosa che non potrebbe accadere, attese le leggi di gravità, se non esistesse una forza unitiva fra le sue molecule. Lo stesso dicasi delle goccie d'acqua e di rugiada sulle foglie de' vegetali e in generale su tutti i corpi che non si bagnano. Queste goccielline mantengono la figura sferica, come se le loro molecule non fossero sottomesse alla forza di gravità. Ciò mostra che in esse l'attrazione molecolare è maggiore del peso, il quale non comincia a schiacciarle se non quando la massa è alquanto cresciuta, ed anco allora ritengono in parte la forma convessa che loro dà la coesione. Alla medesima conseguenza ci conducono quelle gocce che allungate a guisa di lacrime vediamo sospese al di sotto de' corpi bagnati. Le molecule di queste gocce che non stanno a contatto del corpo bagnato sono anch'esse sostenute da una forza che equilibra il loro peso; questa forza è la coesione.

Recenti esperienze di M Plateau hanno mostrato che anche una massa liquida considerevole, sottratta alla gravità, prende la forma sferica. Per sottrarre un liquido alla gravità, M. Plateau compose una mescolanza di acqua e di alcool che avesse esattamente la stessa densità dell'olio. Se mediante un cannellino introdotto nella mescolanza vi si lasci a poco a poco depositare dell'olio, questo resta immobile e prende la figura sferica. (1)

---

(1). Facendo passare attraverso della sfera d'olio in equilibrio

Nei fluidi aerei la coesione non si manifesta se non quando sono vicinissimi a passare allo stato liquido. Anzi la permanenza di un corpo nello stato aereo non dipende da altro se non dall'essere in esso la coesione stata vinta e superata da una forza disgregativa o repulsiva che incessantemente si oppone alla coesione. Questa forza disgregativa, come vedremo, è il calorico.

43. L'adesione è quella forza che tiene uniti due corpi posti a mutuo contatto. Due piastre di piombo, due lastre di vetro o di marmo sovrapposte e premute l'una contro l'altra rimangono attaccate assieme di maniera, che a separarle fa d'uopo una forza non piccola e talora grandissima. Questo fenomeno non dipende al certo dalla pressione dell'aria, dacché succede anche nel vuoto il più perfetto. Neppure dipende dalla massa o vogliam dire dalla spessezza delle superficie che si fanno combaciare assieme, ma sibbene dalla loro estensione e dall'essere più o meno pulite o spianate, e per conseguenza dal numero delle molecule che vengono a contatto. Ciò prova che l'adesione è una specie di attrazione molecolare.

Due corpi che per lungo tempo hanno mutuamente aderito, essendo pari tutte le altre circostanze, sono più restii alla separazione. Pare che col tempo si moltiplichi l'in-

---

un filo metallico, a cui s'imprima un movimento rotatorio, il movimento si comunica tosto anche alla sfera d'olio, la quale si schiaccia tanto più quanto più celere è la rotazione. Questa esperienza è una conferma che la schiacciamento della sferoide terrestre è dovuto alla forza centrifuga.

mero de' punti di contatto, e che questo divenga sempre più intimo. Ma in questo fatto possono influire anche altre forze e specialmente la gravità.

I solidi che immersi nei liquidi n'escono fuori bagnati, mostrano che l'adesione ha luogo anche fra i solidi ed i liquidi. Se una lastra di vetro si pone a contatto della superficie dell'acqua o del mercurio (1), vi rimane sì tenacemente unita che a staccarla fa duopo una forza molto superiore al suo peso.

L'adesione ha pure luogo fra liquidi e liquidi e fra solidi e fluidi aerei. Una goccioliua d'acqua si può fare aderire al disotto di una goccia d'olio, e le bollicine d'aria si attaccano alle pareti dei vasi pieni di un liquido. Ognuno pur conosce i diversi vantaggi che ci procura l'adesione. La calce collegando le pietre ed i mattoni serve alla stabilità degli edifizî. Le diverse sorte di colla, le vernici, le saldature metalliche, la cera lacca &c. ci sonoministrano continuamente le prove di tali vantaggi.

44. L'affinità è quella forza che unendo assieme le molecule di specie diversa forma i corpi composti. Nel sale comune e.g., che si compone di cloro e di sodio, è l'affinità che congiungendo assieme le molecule di questi due corpi forma le molecule del sale, ma è la coesione che unisce assieme le molecule del sale medesimo; dimanierachè nei corpi composti agiscono simultaneamente l'affinità e la coesione, laddove nei corpi semplici opera soltanto la coesione. All'affinità sono dovuti i fenomeni che ci offrono le analisi e sintesi chimiche, epperò chiamasi anche affinità chimica. Ma di questa specie di attrazione molecolare tratteremo nella Chimica.

(1). Il non bagnarsi di un solido immerso in un liquido e.g. del ve-

Capo VII.

Di alcune proprietà de' corpi solidi dipendenti dall' attrazione moleculare

DAL diverso modo che tengono le molecule nell' aggregarsi per forza di coesione dipendono in gran parte le proprietà de' solidi che passiamo a considerare.

Durezza

45. *Dicesi* durezza *la resistenza che oppone un corpo ad essere intaccato o solcato da un altro. La durezza è dunque relativa: diciamo il vetro più duro del marmo ed il cristallo di monte più del vetro, perchè il vetro solca il marmo ed il cristallo di monte solca il vetro.*

La sostanza più dura che si conosca è il diamante il quale non può esser lavorato che colla sua propria polvere. Vengono in seguito il rubino, lo smeraldo, il zaffiro,

---

tro nel mercurio non è segno sicuro di mancanza totale d'adesione; poichè vi può essere, e v'è difatto tra vetro e mercurio, come lo mostra la indicata esperienza; ma è minore della coesione.

il quarzo e le altre pietre che perciò diconsi dure I metalli allo stato di purezza sono per lo più poco duri, ma coll'arte se ne può aumentare la durezza. L'acciaio colla tempera l'acquista grandissima, qualità che lo rende molto utile, potendosi esso lavorare tenero, e quindi adoperare provveduto di molta durezza. Consiste la tempera nel porlo rovente nell'acqua o in altro liquido freddo. Le leghe hanno in generale maggiore durezza dei metalli che le compongono. Il rame puro e lo stagno puro sono poco duri, ma molto dura è la lega di questi due metalli, che diciamo bronzo. Anche l'oro e l'argento in lega col rame acquistano maggior durezza, e di queste leghe appunto si fanno le monete ed altri oggetti preziosi che si hanno a maneggiare di sovente.

I principali vantaggi della durezza sono di mantenere la forma e il pulimento ai corpi che la posseggono, e di renderne alcuni atti a pulire e lavorare gli altri.

Alla durezza non si oppone la fragilità, ossia la facilità di spezzarsi sotto la percossa. A tutti è nota la fragilità del vetro; e il lurissimo fra tutti i corpi il diamante si spezza sotto il martello. Opposta alla durezza è la tenerezza. I corpi teneri ci offrono il vantaggio di esser lavorati con facilità; ma facilmente anche si logorano e deformano quando hanno da soffrire frequenti attriti.

Duttilità.

46. La duttilità è quella proprietà che hanno alcuni solidi di lasciarsi stendere o stirare senza che cessi la coerenza fra le loro molecule. Duttili in sommo

grado sono i corpi che si lasciano stendere, impastare o modellare colle dita: tali sono i varî grassi, qualche mastice, la cera un poco calda, l'argilla inumidita. Altri corpi non si lasciano stendere che da forte pressione, e in questo caso la duttilità prende anche il nome di **malleabilità**: tali sono i metalli che si stendono col martello. Grandissimo è l'influsso del calore sulla duttilità. I grassi e la cera esposti a un gran freddo cessano di esser duttili e divengono fragili. Il vetro non estensivo alla temperatura ordinaria, le diviene esposto a fuoco violento. Il ferro si lavora e si stende assai meglio a caldo che a freddo; all'incontro il piombo e lo stagno si spezzano sotto il martello a temperatura assai elevata, mentre a freddo facilmente si stendono.

A stendere i metalli in lamine oltre al martello si fa uso del **laminatoio**, che consiste in due cilindri di acciaio, fra mezzo ai quali si fa passare il metallo più volte, appressandoli gradatamente. La **filiera** o trafila serve a tirare i metalli in fili sottili. Questo apparato consiste in una lastra d'acciaio forata da molti buchi d'ineguale diametro, dai quali si fa passare il metallo cominciando dai più larghi; ma riesce più vantaggioso di far uso di fori praticati in pietre dure. Uno stesso metallo non presenta la stessa duttilità relativa, sia che si voglia stendere in lamine o tirare in fili. Riguardo alla facilità di lasciarsi stendere in lamine e tirare in fili, i metalli più usati si possono disporre nell'ordine seguente

In lamine	In fili
Oro	Platino
Argento	Argento
Rame	Ferro
Stagno	Rame
Platino	Oro
Piombo	Zinco
Zinco	Stagno
Ferro	Piombo

La duttilità ha i suoi limiti. Nel battere o laminare i corpi, o costringerli a passare pe' fori della filiera, essi divengono, come dicesi, crudi, finchè arrivano a non poter più cangiar forma ma piuttosto si spezzano. Perchè tornino quali erano conviene ricuocerli, cioè farli arroventare e poi lasciarli raffreddare lentamente.

Tenacità.

47. La resistenza che i corpi solidi oppongono alla rottura quando vengono stirati in parti contrarie chiamasi tenacità. Godono di questa proprietà in alto grado alcuni metalli, le funi di canape e di seta, le corde degl'intestini, i legni; e se ne traggono molti vantaggi, come si scorge nelle funi utili per tirare, per sostenere, per legare; nelle sbarre di ferro con cui si collegano le parti degli edifizi &c. La tenacità di un corpo si sperimenta sospendendolo verticalmente coll'estremità superiore fissa ad un sostegno, e misurando il

peso di cui si deve aggravare l'estremità inferiore perchè esso venga a rompersi. Da molte esperienze istituite in questo modo si sono avuti i risultati seguenti.

In un medesimo corpo la tenacità è proporzionale alla sezione trasversale; a parità di sezione è maggiore nella figura cilindrica che prismatica; e per la stessa materia ad ugual lunghezza il cilindro vuoto è più tenace del pieno. Il massimo di tenacità ha luogo quando il raggio esteriore e l'interiore sono nel rapporto di 11 a 5. La tenacità diminuisce colla durata dello stiramento, di maniera che un corpo sottomesso alla trazione cede col tempo ad una forza minore di quella che sarebbe necessaria a produrne immediatamente la rottura.

I legni a parità di sezione sono più tenaci nella direzione longitudinale o delle fibre, che nella trasversale. In una medesima specie di legno la tenacità varia nelle diverse parti secondo che sono più o meno lontane dal midollo del tronco. Verso il midollo la tenacità suol esser molto piccola; scostandosi da esso, le fibre si fanno gradatamente più tenaci fino ad un certo punto, passato il quale tornano ancora a mostrarsi meno tenaci.

Nelle sostanze di origine animale e filiformi pare che la tenacità sia tanto più grande a paragone della sezione, quanto più sono esse sottili. Ciò si fa manifesto dalla tavola che segue, ove sono notati i pesi necessarî a rompere de' fascetti di crini di cavallo, di capelli umani, di fili di refe e di fili di seta ciascuno ridotto ad un centimetro quadrato di sezione.

Crini di cavallo 820 kil.

Capelli umani	1110 kil.
Fili di ragno	1820.
Fili di seta	3900.

Dicesi coefficiente di rottura di un corpo il peso necessario a spezzarlo quando sia ridotto a un cilindro di sezione uguale ad un millimetro quadrato. Ecco la tavola dei coefficienti di rottura di alcuni metalli

	Crudo	Ricotto
Piombo	2 kil. , 50	1 kil . 80
Stagno	2 , 45	1 . 70
Oro	27 , 00	10 , 08
Argento	29, 00	16, 02
Rame	40, 30	30, 54
Platino	34, 10	23 , 50
Ferro	61 , 06	46, 88
Acciaio fuso	80 , 00	65 , 70

Appare da questa tavola che i metalli sono dotati di una tenacità molto diversa, dal piombo in cui è minima fino all'acciaio in cui è massima. Di più che in uno stesso metallo la tenacità è maggiore se crudo che se ricotto.

Affinchè la tenacità de' metalli si possa paragonare con quella di altre sostanze usuali, daremo anche i coefficienti di tenacità di alcuni corpi non metallici

Legno di abete	5 kil. 90

Direzione delle fibre	Legno di Olmo	9 kil. ,37
	„ di Quercia	11 , 30
	„ di Faggio	13 , 30
	„ di Busso	14 , 00
	Corde d'intestini	13 , 57
	Fili di lino	13 . 50
	Avorio	11 . 77
	Osso di balena	5 , 40
	Corde di canape	5 , 20
	Cuoio di bue	3 , 80
	Vetro	2 , 50
	Marmo bianco	1 . , 27

Si noti però che tutti questi coefficienti non sono che approssimativi, poichè le diverse parti di un medesimo corpo, anche nelle stesse circostanze offrono quasi sempre qualche differenza nel coefficiente di tenacità. Ciò può dipendere da un insensibile diversità di struttura o di densità, ed anche da altre cagioni non ancora ben conosciute.

Elasticità di Trazione

48. *L'* Elasticità di trazione *è quella proprietà per cui certi corpi allungati a forza oltre il loro volume, ritornano alla lunghezza primitiva. Ce ne porgono esempio le corde metalliche e d'intestini, che producano suono appunto per questa qualità. In fatti se, dopo essere state tese tra due punti fissi, vengono tirate di traverso e con ciò allungate, e quindi abbandonate a se stesse, per la tendenza che hanno a raccorciarsi tornano*

alla situazione primitiva : qui però non si fermano ma per l'inerzia passano oltre e s'incurvano dall'altro lato, dopo questo nuovo allungamento per la medesima tendenza a raccorciarsi retrocedono di nuovo e così di seguito eseguendo successive oscillazioni o vibrazioni, che comunicate all'aria e dall'aria all'orecchio danno origine alla sensazione del suono.

Un corpo sottoposto alla trazione come cresce in lunghezza così diminuisce in sezione trasversale. Si potrebbe però sospettare che durante la trazione il suo volume rimanesse costante. Ma l'esperienza ha mostrato che l'aumento in lunghezza supera il decremento in sezione, e per conseguenza che „ il volume „ di un corpo cresce durante la trazione „ .

L'esperienza ha pure dimostrato che l'allungamento di un cilindro elastico durante la trazione è in ragione diretta della sua lunghezza e nell'inversa duplicata del diametro.

I diversi corpi hanno diverso coefficiente di elasticità. Chiamasi coefficiente di elasticità il peso necessario ad allungare di un millimetro un corpo elastico ridotto ad un metro di lunghezza e ad un millimetro quadrato di sezione. Ecco una tavola dei coefficienti di elasticità di alcuni metalli alla ordinaria temperatura.

Piombo	1727 kil.
Oro	5584
Argento	7140
Rame	10[illegible]9
Platino	15518

Acciaio inglese	17278
Acciaio fuso	19561
Ferro .	20794 .

L'elasticità di trazione (lo stesso s'intenda de' casi di ogni altra specie di elasticità) non è illimitata. Allorchè gli spostamenti delle molecule sono arrivati a un certo limite, il corpo si spezza, ed anche prima di spezzarsi abbandonato a se stesso non ritorna più alla forma o dimensioni primitive. Questo limite dipende da molte cagioni, nè si può assegnare con precisione. Solamente si può dire in generale, che tutto ciò che fa crescere la durezza o densità di un corpo fa crescere anche il limite di sua elasticità

Elasticità di Flessione

49. L'Elasticità di flessione è quella proprietà per cui un corpo dopo piegato torna di nuovo a raddrizzarsi. Tutti i solidi tirati in lamine sottili godono di questa elasticità; ma specialmente l'acciaio temperato, l'ottone battuto e molte sostanze vegetali ed animali, che però ci sono di vantaggio nella domestica economia. Nella meccanica pratica s'incontrano adogni passo delle applicazioni non meno utili che ingegnose della elasticità di flessione. A tutti è noto l'uso delle molle negli orologi, nelle vetture, nei dinamometri &c. Questa specie di elasticità si può spiegare dicendo che le particelle situate nella convessità vengono col piegamento allontanate alquanto l'una dall'altra,

e, sarò portati a distanze più grandi di quelle a cui dovrebbero naturalmente trovarsi, donde nasce in esse una tendenza a ravvicinarsi di nuovo; mentre invece quelle che si trovano nella concavità vengono ravvicinate più che non sono naturalmente, onde cercano di nuovamente allontanarsi; dalla quale doppia tendenza delle une ad accostarsi e delle altre ad allontanarsi, ne risulta che il corpo tende a raddrizzarsi.

Allorchè una lamina o verga elastica è fissa in una estremità, se viene piegata va per qualche tempo oscillando al di quà e al di là della posizione naturale. Sono queste oscillazioni una conseguenza della elasticità combinata coll'inerzia come si è detto di sopra per le corde elastiche.

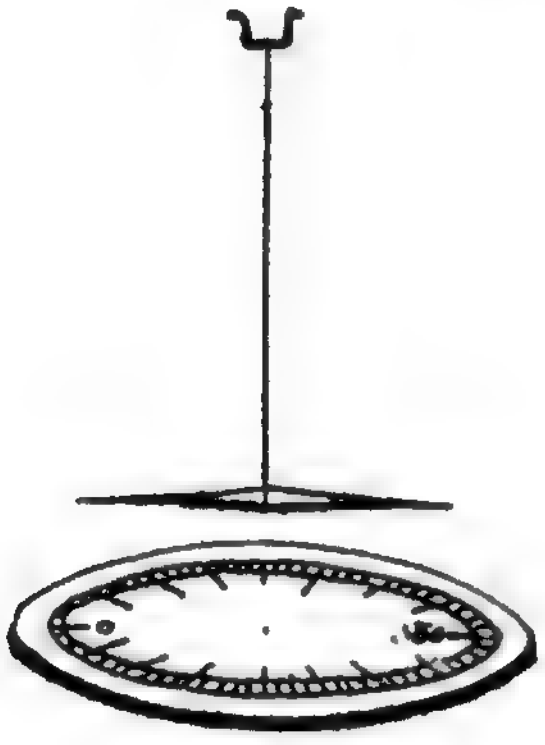
Dentro i limiti dell' elasticità, le vibrazioni di un corpo sottomesso alla trazione o alla flessione sono isocrone, cioè della stessa durata qualunque sia la loro ampiezza. Da ciò si deduce, come insegna la meccanica, che gli allungamenti e le flessioni sono direttamente proporzionali alle forze che producono siffatte alterazioni

Elasticità di torsione

50. L'Elasticità di torsione è quella proprietà per cui un corpo essendo stato torto da una forza torna a storcersi nuovamente. Di questa specie di elasticità vanno specialmente fornite le verghe e fili metallici ed altre sostanze filiformi. Allorchè un corpo e.g. un cilindro viene a torcersi da una forza applicata alla circonferenza della sua base, le molecule che prima erano dis

poste in linee rette parallele all'asse del cilindro si debbono allontanare l'una dall'altra per formare altrettante eliche ravvolte al cilindro medesimo. L'elasticità di torsione consiste nella tendenza che hanno queste eliche a rettificarsi.

L'apparato che ha servito a trovare pei fili metallici le leggi dell'elasticità di torsione chiamasi bilancia di torsione, o di Coulomb che ne fu l'inventore. Essa consiste in un filo metallico verticale, la cui estremità superiore è attaccata a un punto fisso, e la inferiore tesa da un piccolo peso porta un asta o indice orizzontale. Sotto l'indice è collocato un cerchio graduato, il cui centro si trova nel prolungamento del filo verticale. Con questo apparato, supposto sempre che le esperienze si facciano entro i limiti dell'elasticità, si trova,



1°. „ Che per un medesimo filo il momento di torsione è direttamente proporzionale all'angolo di torsione „. Dicesi momento di torsione la forza che facendo deviare l'indice produce la torsione del filo, ed angolo di torsione l'angolo che la nuova direzione dell'indice fa colla direzione primitiva. La prova di questa legge l'abbiamo dall'isocronismo delle vibrazioni come s'è detto per l'elasticità di flessione e di trazione

2°. „ Per uno stesso momento di torsione e per fili del „ medesimo diametro gli angoli di torsione sono diretta

„ mente proporzionali alle lunghezze dei fili „.

3°. „ Per uno stesso momento di torsione e per fili del
„ la medesima lunghezza gli angoli di torsione sono in-
„ versamente proporzionali alle quarte potenze de' diame-
„ tri de' fili „ .

Se dunque accrescasi la lunghezza del filo e molto più se diminuiscasi il suo diametro, la forza necessaria a torcerlo potrà divenire estremamente piccola. Da ciò è venuto l'uso continuo che si fa in Fisica della bilancia di torsione, come mezzo delicatissimo per misurare le forze anche minime (1).

Sostituendo ai fili metallici de' finissimi fili di vetro, si ottengono i medesimi risultati. Anzi i fili di vetro hanno sopra i metallici il vantaggio che la loro elasticità di torsione non pare abbia altro limite che la rottura; ed un filo di vetro bastevolmente fino può torcersi attorno a se stesso oltre a 100 volte prima che si rompa. Non si può dire lo stesso de' fili di seta e d'altre sostanze organiche, che non ubbidiscono alle leggi di torsione. Anche questi fili però, attesa la loro grande flessibilità, si sogliono talora usare nella bilancia di torsione, non per misurare le forze, ma per verificarne la presenza,

---

(1) Cavendish con un apparato presso che simile alla bilancia di torsione riuscì a dimostrare che l'attrazione universale si esercita anche fra i corpi terrestri. Misurando poi quest'azione e paragonandola a quella della Terra, trovò che la densità media della Terra è 5,48, onde la sua massa sarebbe prossimamente

5,930000 000000 000000 000000 .

quando sfuggono agli altri mezzi.

Quanto ai metalli le leggi di elasticità di torsione si verificano anche nelle verghe abbastanza grosse da mantenersi tese per la sola rigidezza delle loro parti, senza bisogno di un peso che le tenda. L'esperienze sulle verghe si fanno fissandole orizzontalmente con una delle loro estremità in una morsa, mentre l'altra porta una leva su cui agiscono i pesi destinati a produrre la torsione.

Cristallizzazione

51. *I corpi naturalmente dotati di una forma simmetrica terminata da facce piane ed analoga ai poliedri della Geometria si dicono* Cristalli. *La* cristallizzazione *è l'operazione per cui si producono i cristalli. Quasi tutti i minerali si trovano a quando a quando cristallizzati, come apparisce dalle numerose collezioni di cristalli che si vedono in tutti i Musei di Mineralogia. Quei minerali medesimi che all'esterno non presentano una forma simmetrica, spezzati, offrono per lo più nel loro interno manifesti indizi di struttura regolare, e la loro massa totale si vede essere l'aggregato d'innumerabili cristalli spesso sì piccoli da non potersi discernere che ad occhio armato di forti lenti. Da ciò si trae per conseguenza che la forma cristallina ben lungi da esser nei*

Più recentemente M. Baily *eliminando dalle sperienze alcune cause d'errore, ha trovato per la densità media della Terra il numero* 5,67.

non un caso eccezionale, è anzi quella che più comunemente prendono le molecule nel loro unirsi in virtù della forza di coesione.

Alla medesima conseguenza si arriva considerando le cristallizzazioni artificiali che sono anch'esse prodotte dalla coesione, ma si dicono artificiali perché l'arte ha preparato e disposto le circostanze opportune all'operazione. Le cristallizzazioni artificiali si fanno in tre maniere, per soluzione, per fusione e per evaporazione. Per soluzione si ottengono i cristalli in questo modo. Si fa sciogliere un solido in un liquido, e.g. l'allume di rocca nell'acqua stillata, fino a che il liquido ne sia saturo; indi o si lascia svaporare l'acqua, ovvero, se si è fatta la soluzione a caldo, si pone questa a raffreddare. Nell'uno e nell'altro caso, se l'operazione sia bastantemente lenta e tranquilla si osserva che l'allume nel tornare a stato solido cristallizza in ottaedri regolari. Prendendo un altro solido ed un altro liquido cambieranno le forme, ma generalmente parlando saranno sempre simmetriche o almeno mostreranno delle traccie non dubbie di simmetria.

Per fusione si ottengono i cristalli, allorché un solido si fa passare allo stato liquido per forza del calorico e quindi tornare a stato solido per lento raffreddamento. Si faccia fondere p. e. dello zolfo o del bismuto in un vaso esponendolo al fuoco; indi si ritiri dal fuoco, e quando comincia a solidificarsi si faccia un foro nella crosta superficiale, e da questo foro si versi fuori la materia ancora liquida. Rotto il vaso, si troverà nell'interno rivestito di perfettissimi cristallini.

Finalmente si ottengono i cristalli per evaporazione

quando una sostanza lentamente evapora, e i suoi vapori si vanno a riunire ed a formare delle piccole masse solide. Pongasi in un vaso chiuso della canfora, dello jodio, dell'arsenico o altra sostanza i cui vapori prendono facilmente lo stato solido; dopo qualche tempo le parti superiori del vaso si vedranno tempestate di piccoli cristalli. I fiorami agghiacciati che nell'inverno si veggono talora sui vetri delle finestre si possono considerare come cristalli formatisi per evaporazione. O sia dunque che si considerino le cristallizzazioni naturali o le artificiali, è manifesto che le molecule della materia inorganica (1) tendono ad unirsi conforme alle leggi di un'aggregazione simmetrica. Ma perchè questa tendenza abbia il suo effetto, fa duopo che le molecule possano liberamente ubbidire alle mutue attrazioni, epperò che non sieno sollecitate da forze perturbatrici, ed abbiano tutto lo spazio e il tempo necessario ad orientarsi. Se queste condizioni non si verifichino (come è difficile che si verifichino durante la formazione di grandi masse) la forma simmetrica resterà più o meno alterata, e ne risulterà ciò che si chia

---

(1) Sebbene la tendenza a cristallizzare non si manifesti mai nelle sostanze organiche finchè sono sotto l'influsso della vita, pure sottratte da questo influsso possono anch'esse cristallizzare per vie di soluzione, di fusione e di evaporazione. Non è così delle sostanze organizzate, cioè che costituiscono gli organi de' vegetali e degli animali. Queste sostanze poste nelle circostanze opportune per cristallizzare non prendono mai la forma cristallina se non dopo essere completamente trasformate in altre sostanze non organizzate.

mica una cristallizzazione confusa, od anco de' corpi affatto amorfi.

52. *Allorchè un cristallo p. e. di sale comune si sottomette alla divisione meccanica percuotendolo delicatamente, lo vediamo dividersi in frammenti di forma cubica; continuando le divisioni si ottengono de' cubi sempre più piccoli, e coll'aiuto del microscopio si osserva che anche la polvere più fina di questo sale presenta la forma cubica. Pare dunque che si possa conchiudere per analogia che la forma cubica appartiene anche a quelle ultime particelle di sale che sono al di là de' limiti della divisione meccanica. Questi cristallini meccanicamente indivisibili si chiamano* molecule integranti. *Osservazioni analoghe fatte sugli altri corpi ci conducono ad ammettere che ogni corpo, almeno inorganico, è composto di molecule integranti tutte simili fra loro, e che anche i corpi di forma diversa ma della stessa natura sono composti di molecule integranti simili.*

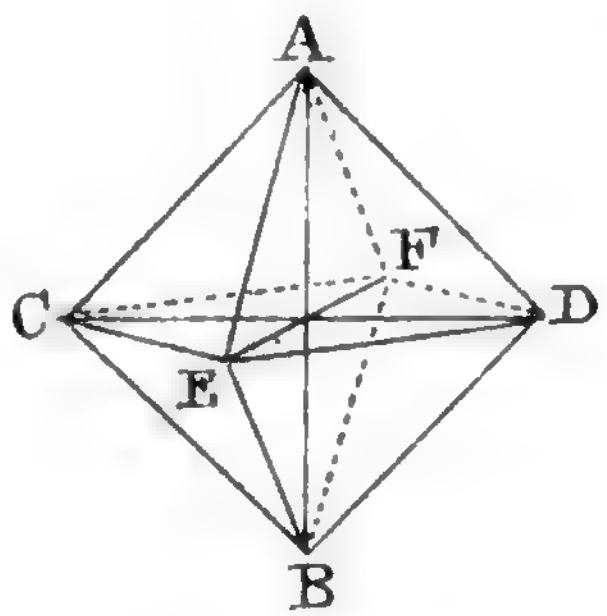
La riunione di molecule integranti simili non produce sempre la stessa forma cristallina, anzi una medesima sostanza si trova bene spesso cristallizzata sotto forme assai diverse. Nel solo carbonato di calce se ne sono finora trovate oltre a 154. Ma le diverse forme che mostra una sostanza cristallizzata non sono fra loro sì disparate da non potersi ridurre ad un tipo comune, da cui tutte s'intendono derivate. Si è infatti osservato che i cristalli sono per ordinario composti di lamine piuttosto aderenti che coerenti, le quali molte volte senza troppa difficoltà con uno strumento tagliente si separano. Questa operazione eseguita su molti cristalli

ha dimostrato che le diverse forme di una medesima sostanza contengono nel loro interno un nucleo di forma identica, che dicesi **forma primitiva**. Le altre forme della medesima sostanza si dicono **secondarie**, e la divisione meccanica ce le mostra derivate dalla primitiva per sovrapposizione di strati di molecule integranti simmetricamente applicati alle sue facce e decrescenti regolarmente. Haüy fondatore di questa teoria fisica della cristallizzazione stabilì delle leggi di decrescimento semplicissime e sufficienti a spiegare non solamente le diverse forme cristalline che si son finora osservate, ma anche le altre che in appresso si potranno offerire agli osservatori.

Quando nei cristalli difficilmente si può eseguire la divisione meccanica non mancano altri mezzi fisici per determinare con più o meno di fondamento la forma primitiva. Se il cristallo è trasluicido, e viene esposto ad una viva luce, il riflettersi di questa puo' indicare la divisione delle lamine interne. Un cristallo fortemente scaldato e poi immerso nell'acqua fredda si divide talora in modo da indicare se le parti più vicine al centro formavano questa o quella figura.

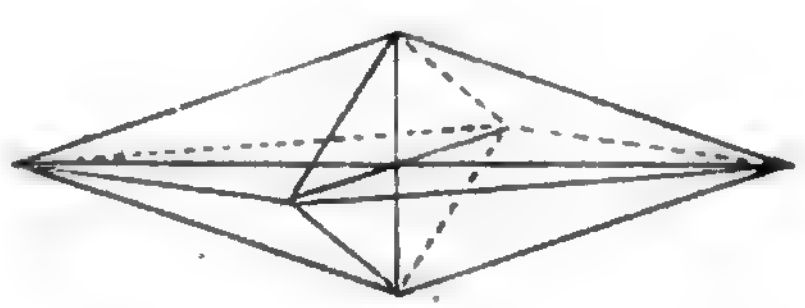
53. La teoria fisica della cristallizzazione sebbene appoggiata ai fatti, ha però l'inconveniente di esser molto complicata, e di prestarsi difficilmente alle numerose applicazioni che la cristallografia trova nella Fisica e nella Chimica. Perciò si è pensato di sostituirgliene delle altre puramente **geometriche**, fra le quali la più comunemente adottata distingue le figure cristalline in sei **sistemi**, ciascuno de' quali è caratterizzato dal numero, grandezza e posizione de' suoi assi. Dicesi **asse** quel

la retta che passa pel centro, attorno alla quale tutte le parti sono disposte in simetria. I caratteri speciali de' sei sistemi cristallografici sono i seguenti.



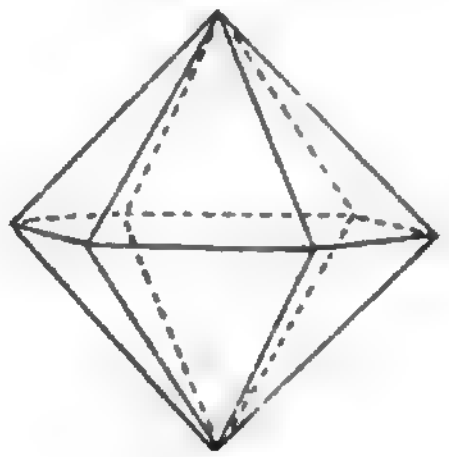
1°. Sistema.

Tre assi retlangolari AB, CD, EF tutti fra loro uguali.



2°. Sistema.

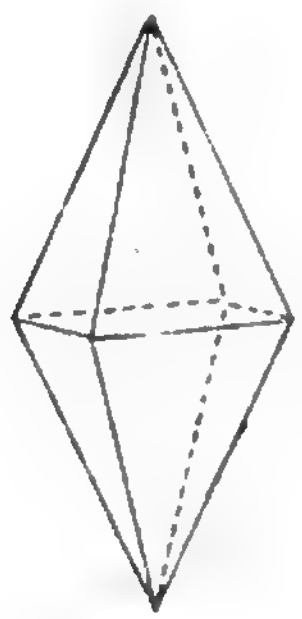
Tre assi rettangolari, di cui due soli sono fra loro uguali.



3°. Sistema

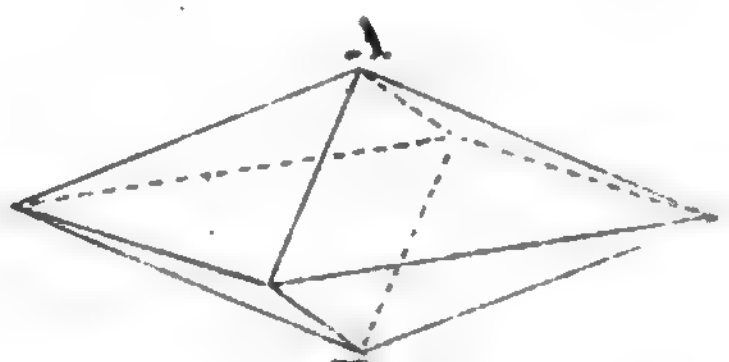
Quattro assi, dei quali tre sono nel medesimo piano e si ta-

ghiano ad angoli di 60°, il quarto è perpendicolare a questo piano



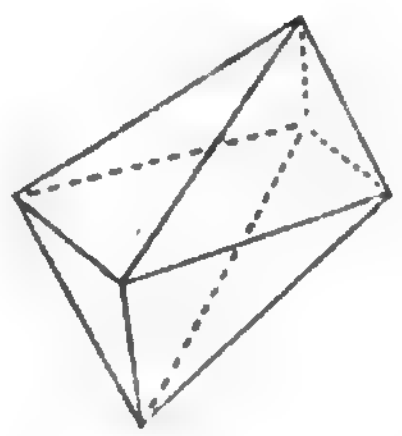
4° Sistema.

Tre assi rettangolari tutti disuguali fra loro.



5° Sistema.

Tre assi disuguali dei quali AB è perpendicolare agli altri due che si tagliano obliquamente



6°. Sistema.

Tre assi disuguali che tutti si tagliano obliquamente.

Ciascun sistema, come si vede, può esser simbolicamente rappresentato da un ottaedro, ad eccezione del terzo che ha per simbolo rappresentativo il dodecaedro esagonale. E' poi manifesto che l' ottaedro deve essere regolare pel primo sistema, simmetrico pel secondo, a base rombica pel quarto, a triangoli scaleni di due specie pel quinto, ed a triangoli scaleni di quattro specie pel sesto.

Tornando adesso alle diverse forme cristalline che spesso presenta la medesima sostanza, si osserva che ciascuna di esse possiede i caratteri geometrici di uno de' sei sistemi cristallografici. Presa dunque una qualunque di quelle forme (si suole preferire la più semplice) per tipo o forma fondamentale della sostanza, si potranno da essa facilmente derivare tutte le altre per mezzo di opportune variazioni nel numero e posizione delle sue facce.

54. Si è detto che le diverse forme cristalline di una medesima sostanza derivano tutte da una sola forma primitiva, o, ciò che torna lo stesso, appartengono tutte ad un solo sistema cristallografico. Ciò è vero generalmente, ma non sempre. Lo zolfo p. e. che per via di fusione prende una forma appartenente al quinto sistema, per via di soluzione ne prende una appartenente al quarto. Le sostanze che presentano delle forme cristalline incompatibili, ossia appartenenti a due diversi sistemi cristallografici, si appellano dimorfe, e dimorfismo il singolare fenomeno che ci presentano. Le sostanze dimorfe hanno anche due diverse molecule integranti, e spesso anche proprietà fisiche e chimiche affatto diverse. Non si deve però omettere di notare, non essersi

finora osservato esempio di dimorfismo, allorchè una so
stanza cristallizza nelle medesime o quasi medesime cir
costanze.

. L'identità delle circostanze non solamente esclude il dimorfismo, ma anche la pluralità di forme appartenenti allo stesso sistema. In altri termini „ quando una so-
„ stanza cristallizza nelle medesime circostanze prende
„ sempre la stessa forma „. Questa proposizione non è provata dai fatti che per le cristallizzazioni artificiali, ma si può credere che essa valga eziandio per le naturali: così la neve che cade in una medesima volta si suol mostrare tutta cristallizzata nello stesso modo, ma cambia le forme dall'una all'altra volta. Le circostanze che più influiscono nel far prendere ad una sostanza piuttosto l'una che l'altra forma, sembrano essere il diverso grado di calorico, la natura del solvente o le sostanze eterogenee che si combinano colla materia del cristallo. L'influenza che hanno queste ed altre circostanze nei casi particolari non è ancora ben conosciuta. Questo però si sa che in tutte le parti simili e similmente situate della forma primitiva o fondamentale si riscontrano quasi sempre le medesime alterazioni. Se a cagione di esempio sopra la faccia di un cubo primitivo v'è una tale sovrapposizione di strati che risultarne una piramide, lo stesso ha luogo altresì per la faccia opposta e per tutte le altre in guisa che il cristallo prende la forma di un dodecaedro romboidale. E questa si chiama la legge di simmetria.

Le forme cristalline sono un criterio molto usato per distinguere le diverse sostanze, ma da se solo non basta in

cer' casi a definirle. S' una sostanza presenti una forma appartenente al primo sistema, è manifesto che a definirla non basta dire che ha per forma primitiva o fondamentale il cubo ovvero l'ottaedro, giacchè tutti i cubi e tutti gli ottaedri sono simili, e molte sono le sostanze che prendono queste forme. La medesima difficoltà non ha luogo negli altri sistemi, poichè le forme appartenenti a questi sistemi sono ben lungi da esser simili fra di loro (1). Ciò non ostante vi sono delle sostanze che sebbene non appartengano al primo sistema, pure prendono forme tanto poco dissimili fra loro, che la differenza non si rende sensibile se non per mezzo di misure precise. Tali sostanze si dicono **isomorfe**. L'isomorfismo ha molte applicazioni nella Chimica.

(1) *Le diversità delle forme appartenenti ad un medesimo sistema si desumono dalle lunghezze relative degli assi e degli angoli che gli assi medesimi fanno tra loro. In pratica tutto si riduce a misurare esattamente mediante un goniometro gli angoli solidi del cristallo, dopoi che le lunghezze relative degli assi e gli angoli che questi fanno fra loro sono in relazione geometrica immediata colle diverse inclinazioni delle facce del cristallo. Chi volesse conoscere le formole che si adoperano per la soluzione di questo problema di geometria potrà consultare il* Traité de Minéralogie *de M. Dufrénoy, o l.* Cristallographie *de M. Miller, o la* Fisica de' corpi ponderabili *di A. Avogadro, Torino I.*

Capo VIII.

Di alcune proprietà dei corpi liquidi.

Eguaglianza di pressione

55. *La proprietà caratteristica de' liquidi è l'estrema mobilità delle loro molecule, le quali cedendo ad ogni minimo impulso scorrono liberamente le une sulle altre. Perciò se una massa liquida è in equilibrio fa duopo che ciascuna sua molecula sia egualmente premuta da ogni parte, dachè se lo fosse più secondo una che secondo un altra direzione si moverebbe per quella. Posto adunque che una forza esteriore venga a comprimere una parte qualunque di una massa liquida, onde questa rimanga in equilibrio, è necessario, che tutte le altre parti della massa medesima subiscano per ogni verso una pressione uguale. In ciò consiste il principio di* eguaglianza di pressione, *detto anche principio di Pascal, che si suole enunciare così:*

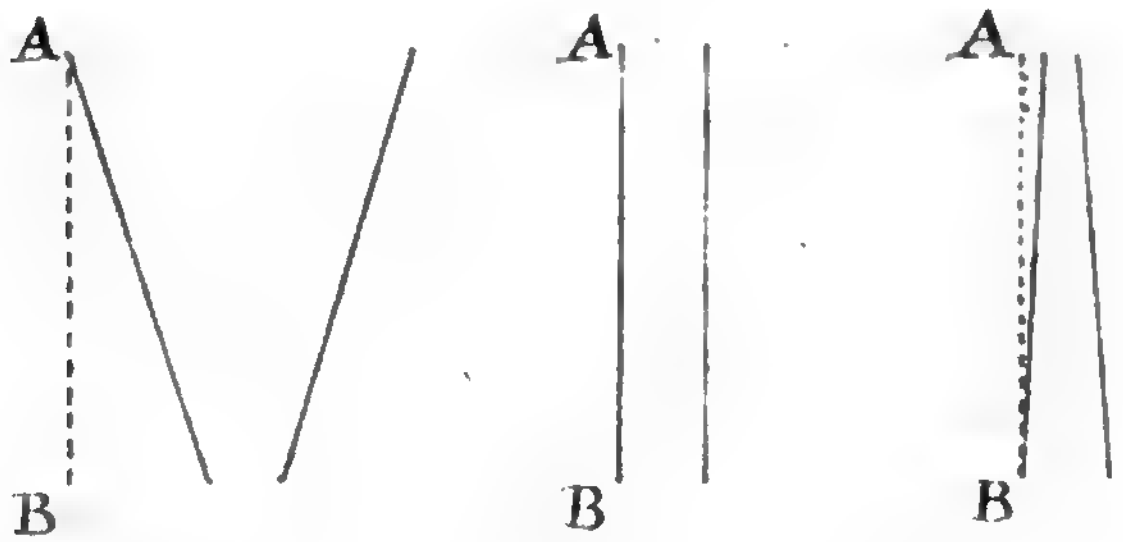
„ i liquidi trasmettono per ugual maniera in tutti i sen
„ si la pressione esteriormente applicata ad una parte
„ qualunque della loro massa „. Eccone alcune conse-
guenze ed applicazioni.

1°. Se una massa liquida equilibrata in un vaso si concepisca divisa in strati orizzontali di ugual spessezza, tutti i punti di ciascuno strato soffriranno la pressione provenente da quelli degli strati che gli stanno sopra: dunque

» in tutti i punti di una superficie orizzontale la pressio
» ne è la stessa » .

2.° Crescendo il numero degli strati sovrapposti ad una superficie orizzontale, cresceri eziandio la pressione che questa soffre. Che se il numero degli strati sovrapposti rimanga costante e solamente cresca la superficie orizzontale, crescerà il numero delle parti a cui si trasmette la pressione, epperò anche in questo caso crescerà la pressione che soffre la superficie medesima: dunque
» la pressione che esercita un liquido sul fondo orizzon
» tale del vaso che lo contiene uguaglia il peso di un
» cilindro o prisma liquido di base uguale al fondo
» premuto, e di altezza pari a quella del liquido pre-
» mente » .

Questo teorema che ha l'apparenza di paradosso, e per ciò dicesi paradosso idrostatico, in più modi si conferma coll'esperienza. Uno molto semplice è il seguente.

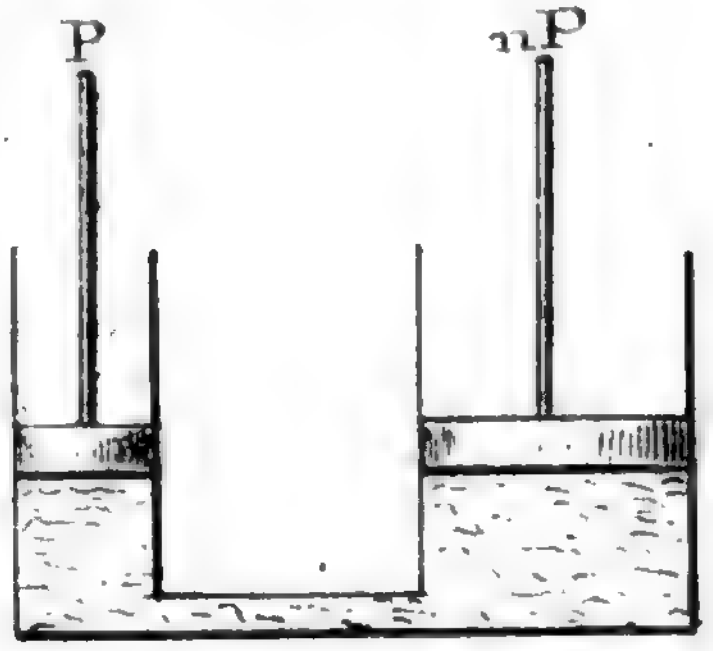


Si prendono più recipienti di capacità molto diverse, ma aventi le basi eguali. A ciascuno successivamente si adatta un fondo mobile mitenuto sempre dalla stessa forza, e si osserva che infondendo in ciascun recipiente dell'acqua, questa fa traboccare il fondo quando giun-

ge ad un'altezza AB che è la stessa per tutti i recipienti.

Di qui abbiamo la maniera di ottenere per mezzo di una massa liquida una pressione di gran lunga maggiore del suo peso o della forza che la comprime. Se p. e. un vaso pieno d'acqua abbia la forma di sottile ed alta colonna terminata al disotto da una base di ampia superficie, la pressione su questa può diventare enorme, sebbene la massa d'acqua che la produce sia molto piccola. Posto che il vaso sia un tubo di pochi millimetri di diametro e dell'altezza di soli cinque metri terminato in una base di 100^m quadrati di superficie, questa sarà premuta da una forza equivalente al peso di 500 metri cubi di acqua ossia di 500000 kilogrammi.

Parimenti se due vasi verticali di differenti diametri e pieni d'acqua comunichino fra loro mediante

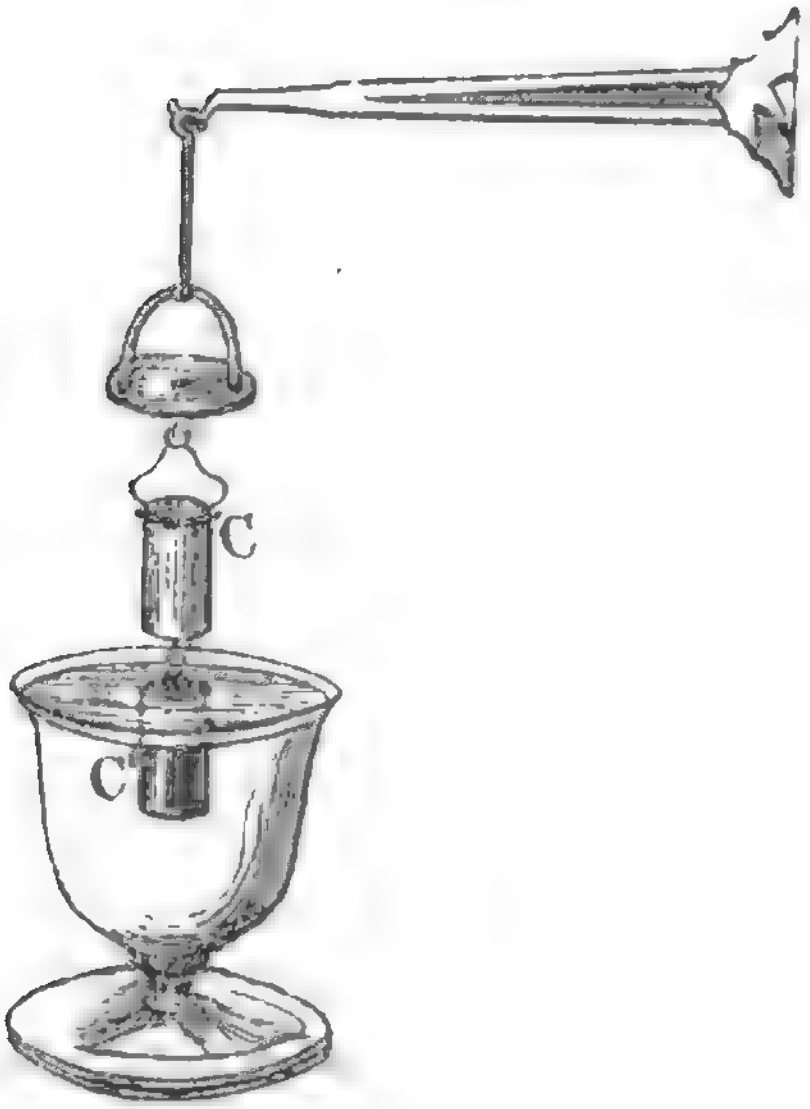


un tubo orizzontale, la forza P applicata all'acqua contenuta nel più stretto si comunicherà all'acqua contenuta nel più largo premendola con una forza eguale a 10P, 100P, 1000P, cioè tanto maggiore quanto la sezione orizzontale del secondo vaso è maggiore della sezione orizzon-

tale del primo : con una forza piccolissima si puo' così ottenere una azione grandissima. A cio' si riduce in sostanza la **pressa idraulica**, che è il mezzo più comunemente usato sempre che si tratta di esercitare una gran pressione

Principio d'Archimede

56. „ Un corpo immerso tutto o in parte in un liquido, perde tanto del suo peso quanto è il peso del volume liquido di cui occupa il luogo „, ossia quanto pesa il volume liquido uguale al volume della parte immersa. Questo principio scoperto da Archimede è una conseguenza della proprietà che hanno i liquidi di trasmettere equabilmente le pressioni in tutti i sensi; ed è anche molto facile il dimostrarlo coll'esperienza. Si sospenda ad un braccio di una sensibile bilancia un cilindro C di metallo vuoto, ed a questo si appenda un altro cilindro pieno C' avente il volume esteriore perfettamente uguale alla capacità del cilindro vuoto. Stabilito l'equilibrio, si faccia immergere nell'acqua il cilindro pieno. Appena comincia l'immersione l'equilibrio si rompe, e si ristabilisce infondendo



dell'acqua nel cilindro vuoto. Dunque il cilindro immerso perde tanto peso quanto pesa l'acqua contenuta nel cilindro vuoto, ossia quanto pesa un volume d'acqua eguale al suo volume. Il principio d'Archimede non esprime che la metà del fenomeno che succede durante l'immersione. Non solamente varia il peso del solido immerso, ma anche quello del liquido in cui s'immerge egualmente perde il solido tanto acquista il liquido. Infatti se si pone in equilibrio sullo stesso piatto di una bilancia un solido con accanto un vaso pieno d'acqua, l'equilibrio non si rompe quando il solido s'immerge dentro l'acqua Dal principio d'Archimede si deduce che se il corpo immerso ha la stessa densità del liquido, vi rimarrà sospeso senza scendere ne' salire. Non è facile trovare un liquido la cui densità sia precisamente uguale a quella di un dato solido, ma si possono artificialmente comporre delle mescolanze liquide che abbiano la densità di un solido. Il legno di bruso p. e. ha densità maggiore dell'acqua pura e minore dell'acqua satura di sal comune. Si potranno adunque mescolare assieme questi due liquidi in tale proporzione, che il miscuglio abbia la medesima densità del bruso.

Parimente si deduce che se il liquido ha densità maggiore del solido immerso, questo non potrà scendere, ma cacciato che abbia un volume liquido di peso uguale al suo, resterà galleggiante, cioè fuori dell'acqua con alcuna parte di se, e la parte immersa sarà in ragion diretta della sua densità e in dell'inversa della densità del liquido.

57. Un applicazione de' galleggianti l'abbiamo ne-

gli areometri a peso costante detti anche **pesa-liquori**, **pesa-acidi**, **pesa-sali** dagli usi che se ne fanno nelle arti e nel commercio. L'areometro a peso costante è un gal-

leggiante formato di un tubo di vetro graduato AB che si allarga in C e va a terminare in un peso m, che lo tiene dritto quando è immerso. E' chiaro che quanto più l'areometro s'immerge tanto minore è la densità del liquido e per converso. La maniera di graduare l'areometro è diversa secondo l'uso a cui è destinato. Se deve servire a far conoscere immediatamente la densità de' liquidi, accanto a ciascuna divisione si nota la densità del liquido, nel quale l'istrumento s'immerge sino a quella divisione. Se deve servire ad indicare la proporzione più o meno grande di acqua mescolata ad un liquido p. e. al latte o all'alcool, si notano sul cannello i punti ove giunge il liquido quando è immerso nel latte o nell'alcool che contiene la metà, un terzo, un quarto ecc. d'acqua. Non bisogna però perdere di vista che l'areometro non indica se non la maggiore o minore densità, e che questa è diversa a diversa temperatura. Certi liquidi come il latte e il vino anche alla stessa temperatura possono avere diverse densità sebbene non sieno alterati, e possono essere alterati e con tutto ciò conservare le loro densità. In ogni caso però è necessario correggere le osservazioni, sempre che si adopera lo strumento a temperatura diversa da quella che aveva quando fu graduato. Una gran parte degli areometri in uso nel commercio sono graduati confor-

me a certe regole di pura convenzione stabilite da Baumé
Gli areometri di Baumé sono di due specie secondochè hanno da servire per i liquidi più o meno densi dell'acqua. Per graduare i primi, cioè quelli che hanno da servire per i liquidi più densi dell'acqua s'immerge lo strumento nell'acqua stillata, e si nota zero nel punto ove affiora, quindi s'immerge in una mescolanza di 15 parti di sale comune ed 85 d'acqua stillata e si nota 15 al punto nuovo d'affioramento: lo spazio compreso tra questi due punti si divide in 15 parti eguali che si chiamano gradi e si continua la stessa divisione fino all'estremità inferiore del cannello. Per gradiare gli areometri destinati per i liquidi meno densi dell'acqua, si nota zero nel punto ove affiora lo strumento quando è immerso in una mescolanza di una parte di sale comune e 9 d'acqua stillata; poi s'introduce lo strumento nell'acqua stillata e si nota 10 nel punto ove affiora; l'intervallo compreso fra questi due punti si divide in 10 parti eguali e si prosegue la stessa divisione fino all'estremità superiore del cannello. Le indicazioni degli areometri così graduati sono comparabili fra loro, purchè si supponga che il sale adoperato sia di egual purezza ed ugualmente disseccato, e che le osservazioni siano fatte alla medesima temperatura."

58. Un'altra importante applicazione del principio di Archimede si fa alla ricerca del peso specifico de' corpi. Se il corpo è solido, si sospende per un filo sotto il piatto di una bilancia, e trovatone il peso **P**, si fa calare il so-

lido in un vaso pieno d'acqua stillata, il peso p che perde il solido è il peso di un volume d'acqua eguale al suo volume; onde $\frac{P}{p}$ sarà il peso specifico cercato. Al buon esito dell'operazione si richiede che la bilancia sia molto sensibile ed il filo di sospensione bastevolmente fino, perchè si possa trascurare il peso dell'acqua che sposta.

Lo stesso metodo si applica a determinare il peso specifico de' liquidi; ma in questo caso il solido sospeso è sempre lo stesso, e dal diverso peso che perde nei diversi liquidi si deducono i pesi specifici de liquidi medesimi. Così p. e. se nell'acqua il solido perde $6^{gr},5$ e nell'alcool perde $5^{gr},13$ il peso specifico di questo sarà $\frac{5,13}{6,5} = 0,79$. Invece della bilancia si può adoperare pel solo di l'areometro di Nicholson e pei liquidi quello di Farenhait. L'areometro di Nicholson è un

vasetto di metallo B vuoto e leggero sormontato da un sottile filo metallico che va a terminare in un piattello C che ha la forma e l'uso di un piatto di bilancia. L'estremità inferiore è aggravata da un peso m che porta un altro piattello orizzontale C'. Il peso di tutto lo strumento è regolato di maniera che, immerso nell'acqua stillata ed aggravato sul piattello superiore di un certo peso conosciuto P, lo strumento si affonda fino ad un punto D marcato sul filo che sostiene il piattello medesimo e che dicesi punto d'affioramento. Per determinare il peso specifico di un solido se ne prende un

piccolo pezzetto e si colloca sul piattello superiore, quindi si cerca il peso p che conviene aggiungervi perche l'areometro s'affondi fino al punto D. E' manifesto che la differenza P−p dara' il peso del solido che è sul piattello superiore dello strumento, come ce lo darebbe una bilancia. Dopo cio' si toglie il solido dal piattello superiore, si colloca nell'inferiore e si cerca il peso p', che fa d'uopo aggiungere al peso p restato sul piattello superiore perche' l'areometro torni ad immergersi fino al punto D. Il peso p' indichera' la perdita di peso che il solido ha fatto nell'acqua ossia il peso dell'acqua espulsa. Avendosi P = 17^{gr} per un pezzetto d'oro finso, si è trovato p = 9^{gr}, 181 e p' = 0^{gr}, 406; adunque il peso specifico dell'oro finso è.

$$\frac{P-p}{p'} = \frac{17-9,181}{0,406} = \frac{7,819}{0,406} = 19,26.$$

La sensibilità di questo strumento e' tanto maggiore quanto piu' sottile e' il filo metallico che sostiene il piattello superiore. Se la sezione trasversale di quel filo fosse p. e. un millimetro quadrato, basterebbe un milligrammo per affondare lo strumento di un millimetro in altezza.

L'areometro di Farenhait e' del tutto simile a quello di Nicholson, salvo che non ha il piattello inferiore, ma termina in un semplice contrappeso di mercurio o di piombo xx. Determinato il peso A dell'areometro per mezzo di una bilancia, si cerca il peso P di cui bisogna aggravare il piattello per affondare o strumento nell'acqua sti-

lutu fino al solito punto d'affioramento D ; quindi s' immerge l'arometro nel liquido di cui si cerca il peso specifico e si trova il peso P' che fa duopo collocare sull'altro lato per far di nuovo affondare lo strumento fino al punto D. Le due somme A+P ed A+P' rappresentano i pesi di due volumi eguali uno d'acqua e l'altro del liquido di cui si cerca il peso specifico ; dunque avremo $\frac{A+P'}{A+P}$ per il peso specifico cercato.

Capillarità .

59. *Allorchè un liquido viene a contatto di un solido spesso vediamo, che il liquido in vicinanza del solido si solleva o si deprime e cessando di essere orizzontale presenta una figura più o meno concava e convessa. Queste alterazioni che subiscono le leggi dell'equilibrio de' liquidi quando vengono a contatto de' solidi danno sotto il nome di* **fenomeni de' tubi capillari** *(da che si osservano bene ne' tubi di assai piccol diametro);* **e capillarità o azione capillare** *si dice la causa che li produce.*

Se immergiamo nell'acqua un sottil tubo di vetro, osserveremo: 1° che l'acqua in vicinanza delle pareti esterne non resta orizzontale , ma s'innalza formando un piccolo argine attorno al tubo ; 2° che l'acqua s'innalza anche nell'interno del tubo e ad un altezza maggiore che all'esterno ; 3° che nell'interno del tubo l'acqua va a terminare in una superficie concava . Tutto ciò si osserva anche in tubi di altre sostanze immersi nell'acqua o in altro liquido che li bagni.

Che se il tubo non è bagnato dal liquido, come accade al vetro immerso nel mercurio, per lo più succede tutto il contrario; cioè 1° il liquido in vicinanza delle pareti esterne si deprime lasciando una fossetta attorno al tubo 2° il liquido si deprime anche nell'interno del tubo ad una profondità maggiore che all'esterno; 3° nell'interno del tubo la superficie liquida prende la forma convessa.

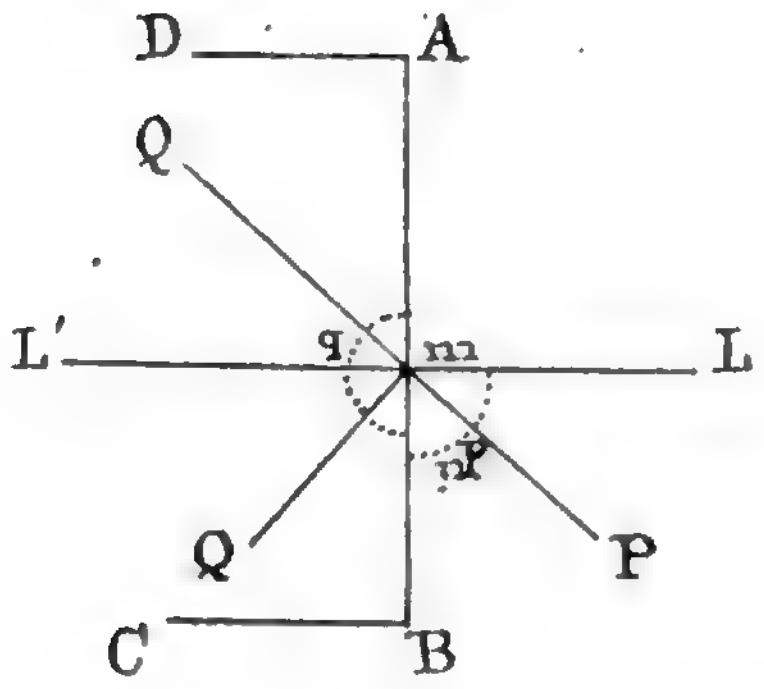
L'elevazione o depressione del liquido nell'interno del tubo è tanto maggiore quanto minore è il diametro del tubo stesso. Non però si alzano od abbassano egualmente tutti i liquidi in un medesimo tubo, ma qual più qual meno; l'acqua p. e. in un tubo di vetro si alza più dell'alcool e questo più dell'etere solforico. Dalla tavola qui appresso apparisce che nei tubi di vetro l'elevazione dell'acqua e la depressione del mercurio tanto più si accosta ad essere inversamente proporzionale ai diametri, quanto minori sono i diametri medesimi.

Diametri de' tubi	Elevazione dell'acqua	Depressione del mercurio
$0^{mm}, 25$	$121^{mm}, 4$	$37^{mm}, 51$
0 ,5	60 , 51	18 , 70
1	30 , 3	9 , 26
2	15 , 1	4 , 45
3	9 , 6	2 , 92
4	6 , 9	2 , 07
5	5 , 2	1 , 53
6	4 , 1	1 , 17

Una simile elevazione o depressione de' liquidi si osserva anche presso le pareti dei vasi che li contengono; e meglio fra due lamine parallele, distanti l'una dall'altra di un piccolo intervallo e verticalmente immerse in un liquido, ma in questo caso l'elevazione o depressione interna è appena la metà che dentro a tubi della stessa sostanza e che abbiano quell'intervallo per diametro.

Se le dette lamine rimanendo verticali si uniscano da un lato ad angolo acuto, un liquido che le bagna si solleva più dalla parte dell'angolo e dispone la sua superficie libera a modo di curva. L'esperienza ha dimostrato che questa curva si accosta molto all'iperbola equilatera.

60. I fenomeni capillari hanno luogo egualmente nel vuoto che nell'aria, epperò non si debbono attribuire alla pressione di questa. Di più l'elevazione o depressione del liquido a parità di altre circostanze, è la stessa qualunque sia la spessezza del tubo o delle lamine immerse, il che fa vedere che l'azione fra il solido ed il liquido non si esercita che dalle molecule che sono a distanza insensibile; pare dunque che questa azione non si possa attribuire ad altro che all'attrazione molecolare. Infatti sia DABC una lamina solida verticalmente immersa in un liquido LL'; la molecula liquida m collocata presso l'intersezione delle due superficie AB, LL' oltre alla gravità, sarà sottoposta all'azione di tre forze, una proveniente dall'attrazione della massa liquida circostante LmB, le altre due emanati dalle attrazioni delle masse solide DAm, CBm.



Rappresentando mp *il raggio d'attrazione sensibile della massa liquida* LmB, *ossia la distanza sin dove si estende l'azione del liquido sulla molecula* m, *ed* mq *il raggio d'attrazione sensibile del solido immerso; è manifesto che la risultante* P *di tutte le attrazioni della massa liquida contenuta nel quadrante sferico che ha per raggio* mp *sarà diretta secondo la bisettrice* mP, *e le risultanti* Q, Q *delle azioni separate dei due quadranti solidi che hanno per raggio* mq *saranno eguali fra loro e dirette secondo le bisettrici* mQ, mqQ. *Ora se ciascuna delle tre forze* P, Q, Q *si decompone in due una verticale e l'altra orizzontale, le componenti verticali non potranno fare altro che modificare la gravità, le orizzontali poi si ridurranno a* $P\cos 45°$ *che tende ad allontanare le molecule* m *dalla lamina immersa e* $2Q\cos 45°$ *che tende ad accostarvela: dunque*

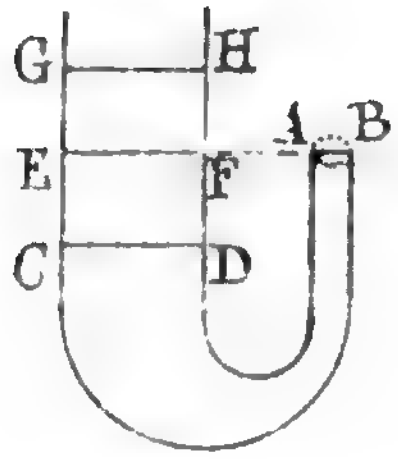
1° *Se* $2Q-P=0$ *cioè se l'attrazione che il solido immerso ha per il liquido ha verso se stesso, questo in vicinanza del solido si manterrà orizzontale, perchè non sarà sottomessa che a forze dirette verticalmente.*

2° *Se* $2Q-P>0$ *cioè se l'attrazione fra solido e liquido supera la metà dell'attrazione che il liquido ha con se stesso le molecule liquide che sono entro la sfera d'azione del solido saranno sollecitate verso di*

esso e vi si accumuleranno accanto, seco traendo per forza di coesione le contigue, d'onde nascerà la forma concava fra due solidi immersi o entro un tubo.

3. Finalmente se $2Q - P < 0$ cioè se l'attrazione del solido pel liquido è minore della metà dell'attrazione del liquido sopra se stesso, le molecule liquide che sono in vicinanza del solido saranno spinte ad allontanarsi da esso ed ubbidendo all'attrazione prevalente daranno origine alla forma convessa.

Quanto poi all'elevazione o depressione del liquido nell'interno de' tubi o fra due solidi, questa è una conseguenza della forma concava o convessa della superficie terminale. Difatto le molecule liquide della superficie concava essendo ritenute dall'attrazione del solido cessano dal premere o premono meno sugli strati liquidi sottoposti; laddove le molecule liquide della superficie convessa, essendo abbandonate ad una forza che le sollecita verso gli strati liquidi sottoposti, aumentano su questi la pressione. Le condizioni d'equilibrio de' liquidi esigono dunque che nel caso della superficie concava il liquido si elevi e nel caso della superficie convessa si deprima fino a tanto che la pressione sul medesimo strato liquido orizzontale sia la stessa tanto dentro che fuori del tubo o delle lamine immerse. La giustezza di queste conseguenze è confermata dalla seguente sperienza. Si prendano due tubi comunicanti di vetro e di diverso diametro. Nel più largo si versi a goccia a goccia dell'acqua. Questa arrivata all'estremità AB del più stretto da prima prende la forma concava, quindi passa alla forma piana e fi-



nalmente alla convessa. Nel primo caso il livello nel tubo nel lungo è CD inferiore ad AB, nel secondo EF uguale ad AB e nel terzo GH superiore ad AB: dunque la pressione sugli strati liquidi sottoposti è diminuita dalla forma concava ed aumentata dalla convessa.

61. Molti sono i fatti che si spiegano mediante l'azione capillare. L'olio s'innalza nei lucignoli delle lucerne, perchè gl'intervalli fra i fili di cotone fanno le veci di tanti tubi capillari in cui il liquido si eleva. Dalla medesima cagione procede l'imbeversi d'acqua che fanno le spugne, i legni ed altri corpi quando la toccano con qualche loro parte. Riempiendo un tubo con della sabbia o meglio con della cenere, e mettendo la sua estremità inferiore in un recipiente ove si trovi dell'acqua, questa a poco a poco vi s'innalza e presto giunge alla sommità. La cagione del fenomeno è pure l'azione capillare; poichè lasciando la sabbia o la cenere molti intervalli comunicanti fra loro, l'acqua vi si va elevando come farebbe frammezzo a lamine vicinissime e di forma irregolare. Di qui nasce uno de' principali vantaggi che ritrae l'agricoltura dal lavorare le terre; poichè quanto più saranno esse divise e polverizzate tanto più idonee riusciranno ad attrarre e ritenere l'umore presso la superficie.

Quando su di un foglio di carta sugante o sopra un panno viene a cadere una goccia d'acqua o d'olio o d'altro liquido, è noto che questa vi si spande in una larga macchia. Ciò deriva similmente dall'essere la carta

e il panno molto porosi e dotati di forte attrazione per que' liquidi. Il mercurio non si spande sulla carta o sul panno, perchè avendo con questi poca attrazione, appena comincia ad insinuarsi ne' loro pori la figura convessa che prende la sua superficie lo trattiene dall' insinuarsi. Per la medesima ragione una massa di mercurio anche considerevole si può tenere entro uno staccio senza che ne esca fuori.

Immergendo nell'acqua un tubo capillare per una sua estremità e lasciando che essa vi salga fino a tutta l'altezza a cui può arrivare e quindi estraendolo, si osserva che l'acqua si eleva internamente ad una maggiore altezza che prima. E ciò perchè la massa liquida interna viene ad essere sostenuta non solo dalla sua concavità superiore, ma anche dalla convessità della goccia esteriore che pende dal tubo. Che se il tubo immerso nell'acqua sia più corto della colonna liquida che in esso tende a sollevarsi, l'acqua non sgorga fuori, perchè arrivata alla sommità la superficie di concava che era diviene convessa.

Per ultimo osserviamo che all'azione capillare si debbono pure attribuire quelle apparenti attrazioni o ripulsioni che i piccoli corpicciuoli immersi nei liquidi talora manifestano fra loro o colle pareti del recipiente che li contiene. La legge che si osserva in questi movimenti è la seguente. „ Se ambedue i corpi vengono „ bagnati dal liquido, si attraggono, e si attraggono „ pure se ambedue non si bagnano: ma si respingono „ se l'uno d'essi viene bagnato e l'altro no. „ Per non estenderci di soverchio omettiamo di applicare a que

sti fatti i principii che abbiamo dichiarati.

Endosmosi ed Esosmosi

62. Accade sovente che due liquidi separati da una sostanza bastevolmente porosa si mescolino assieme, dando origine a due correnti di opposta direzione e di forza ineguale. A queste due correnti si da il nome di **endosmosi** e di **esosmosi**; cioè dicesi **endosmosi** la corrente diretta verso il liquido che aumenta di volume, ed **esosmosi** quella diretta verso il liquido che diminuisce di volume. Si prenda una campana sormontata da un cannello di vetro graduato e chiusa di sotto da una membrana animale fortemente allacciata all' orlo; si avrà con ciò un endosmometro. Se ora questo strumento si riempia di una soluzione di zucchero fino ad una certa altezza del tubo e quindi s' immerga nell' acqua pura fino ad una tale profondità che le due pressioni sulla superficie interna ed esterna della membrana si facciano a vicenda equilibrio, si vedrà ancora il liquido a notabile altezza nel cannello ed anche uscir fuori per l'apertura superiore; e l'acqua in cui si è immerso l'endosmometro dopo qualche tempo si trovera contenere anch'essa dello zucchero. Vi è dunque endosmosi dell'acqua verso la soluzione di zucchero ed esosmosi della soluzione di zucchero verso l'acqua. Se invece noi riempiamo lo strumento di acqua pura e lo immergiamo in una soluzione di zucche

ro, si rovesciano le correnti e si abbasserà il liquido nel cannello dell'endosmometro. Molti altri liquidi si comportano allo stesso modo della soluzione di zucchero. Tali sono l'albumina, la soluzione di gomma arabica, l'alcool, la soluzione di sal comune e la maggior parte de' liquidi diversi dall'acqua. Per lo più l'endosmosi si fa verso il liquido più denso, ma non sempre; mentre l'alcool e l'etere solforico si comportano verso l'acqua non altrimenti che la soluzione di zucchero.

Le condizioni necessarie all'endosmosi sono **1.°** che i due liquidi sieno atti a mescolarsi; **2.°** che abbiano diversa densità; **3.°** che la membrana che li separa sia permeabile almeno ad uno di essi. Alle membrane animali si possono sostituire le membrane vegetali, la lavagna, la terra cotta non verniciata, e molte altre sostanze minerali specialmente argillose. In quanto alle cause di questi fenomeni si può dire che la capillarità n'è il mezzo e l'istrumento, e da essa può anche dipendere la maggiore o minore prontezza con che i due liquidi vengono a mutuo contatto dall'una e dall'altra parte del solido interposto. Ma la capillarità non fa mai uscire i liquidi fuori degl'interstizî nei quali si esercita, ed inoltre il riscaldamento che rende più debole l'azione capillare, aumenta invece l'endosmosi e l'esosmosi. Il mescolarsi dei due liquidi non si deve dunque attribuire alla capillarità, ma piuttosto all'affinità vale a dire alla tendenza che hanno i due liquidi ad unirsi. Vedremo poi a suo luogo che il riscaldamento suole aumentare l'affinità. La nutrizione ed altre funzioni della vita vegetale ed animale mostrano che l'endosmosi ha una parte assai importante nell'economia della vita organica.

Capo VIII.

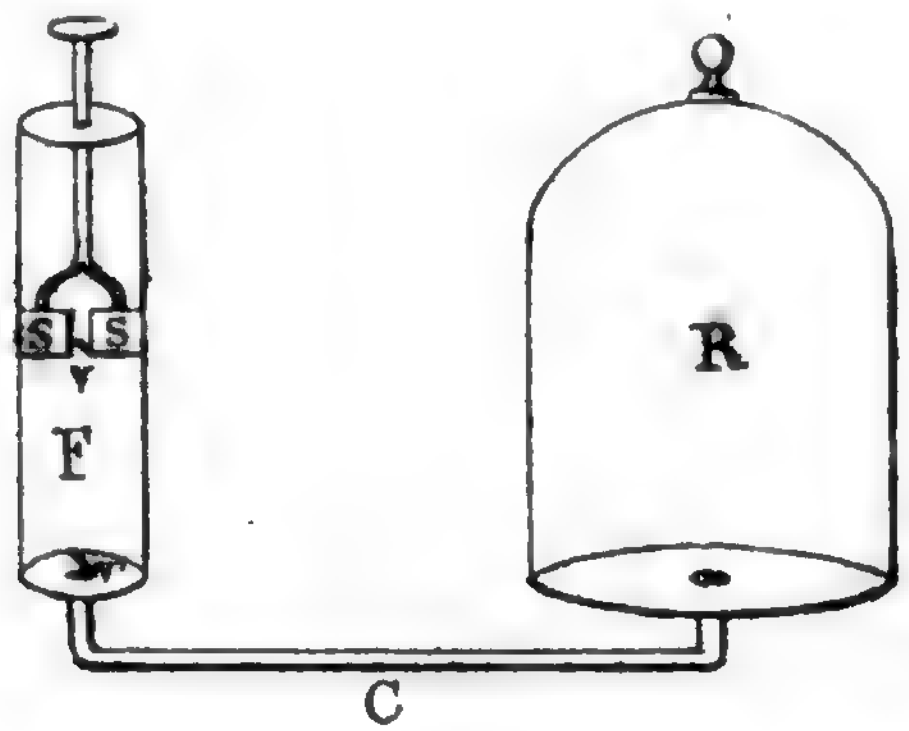
Della forza espansiva de' fluidi aerei

65. *La differenza essenziale fra i liquidi e i fluidi aerei è che una massa liquida non cresce in volume, sebbene cresca la capacità del vaso che la contiene; laddove una massa aerea contenuta in un vaso chiuso, a misura che cresce la capacità del recipiente si dilata, ed occupa sempre tutto lo spazio che gli è offerto. Questa tendenza che hanno i fluidi aerei di occupare uno spazio sempre maggiore dicesi* forza espansiva. *Un poco d'aria chiusa in una vescica non mostra la sua forza espansiva, perchè viene equilibrata dall'aria esterna; ma collocata nel vuoto si dilata e fa gonfiare la vescica sino a spezzarla. Effetti analoghi si osservano in qualunque massa aerea, semprechè una forza estrinseca non si opponga per ogni verso al suo dilatamento.*

„La forza espansiva cresce colla densità.„ E' questa una conseguenza della legge di Mariotte, imperocchè se i volumi de' fluidi aerei sono in ragione inversa delle forze che li comprimono, queste saranno in ragion diretta delle densità de' fluidi medesimi. E' poi manifesto che l'equilibrio di una massa aerea esige che la forza espansiva sia in ogni sua parte eguale e contraria alla pressione, cioè alla forza estrinseca che in quella parte si oppone al suo dilatamento: dunque la forza espansiva è in ragione di

volta della densità.

64. Su questi principii è fondata la macchina pneumatica, che serve a dimostrarli. Sia un corpo di tromba F, cioè un



cilindro vuoto e ben calibrata, nel quale può scorrere a perfetto incastro uno stantuffo S, mosso da un'asta e munito di una valvula v, costruita di maniera da aprirsi solamente di basso in alto. Un altra valvula v' mobile parimente di basso in alto e collocata alla base del cilindro serve ad aprire e chiudere il condotto C che comunica col recipiente R. Se si alzi lo stantuffo S, cresce lo spazio offerto all'aria interna del recipiente R, e in virtù della sua forza espansiva obbliga la valvula v' ad aprirsi e si spande in parte nel corpo di tromba F. Se poi si abbassi lo stantuffo S, cresce colla densità la forza espansiva dell'aria contenuta nel corpo di tromba, che però apre la valvula v e per questa apertura se ne esce. Continuando per tal maniera a sollevare ed abbassar lo stantuffo, parrebbe che si dovesse indefinitamente rarefar l'aria del recipiente R; ma non è così, poichè la forza espansiva dell'aria che resta nel recipiente diminuendo

colla densità, arrivera' finalmente ad uguagliare la resistenza che oppone ad aprirsi la valvula v'. A ciò però si rimedia col sostituire alla valvula v' un meccanismo, che apre e chiude a suo tempo l'apertura del condotto mediante il movimento dello stantuffo. Questa è in sostanza la macchina pneumatica; ma per lo più si fa uso di due corpi di tromba, che per mezzo di un condotto comune si mettono in comunicazione col recipiente. Le aste dei due stantuffi sono dentate e ingranano in una ruota parimenti dentata, che si gira per mezzo di un manubrio: questa nel girare opera contemporaneamente sui due stantuffi, e mentre ne alza uno abbassa l'altro. Con ciò si toglie l'ostacolo proveniente dall'aria esterna, che quanto oppone di resistenza allo stantuffo ascendente, altrettanto aiuta il moto dell'altro che discende.

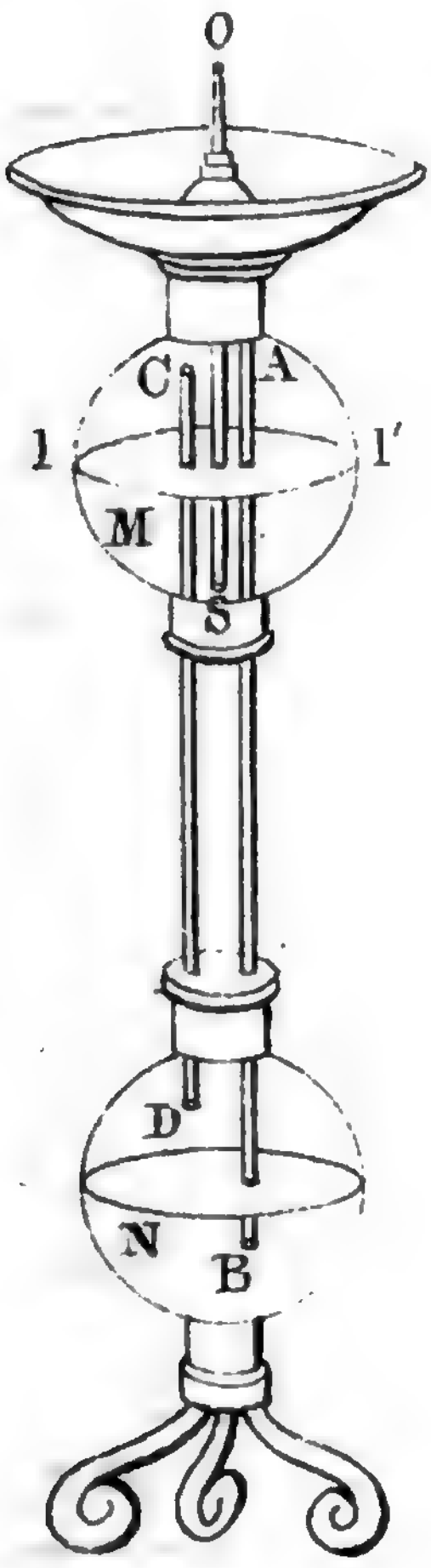
Si suol dire che la macchina pneumatica serve a fare il vuoto, ma in realtà non fa che rarefare l'aria, poichè ad ogni salita dello stantuffo l'aria contenuta nel recipiente per quanto poca ella sia non può mai passare tutta nel corpo di tromba; ora se da un tutto non si toglie che una parte il residuo non può mai essere nullo; dunque con questa macchina non si può mai arrivare a vuotare perfettamente d'aria un recipiente. In pratica però neppure possiamo accostarci indefinitamente al vuoto perfetto, poichè per quanto buona sia una macchina pneumatica sempre offre qualche accesso all'aria esterna, specialmente quando la rarefazione è molto inoltrata, onde arriva un punto in cui l'aria che si caccia uguaglia quella che rientra. Di più abbiamo supposto che all'abbassarsi dello stantuffo esca fuori del corpo di tromba

tutta l'aria che v'è passata dal recipiente; ora ciò non succede perchè il contatto tra lo stantuffo e la base del cilindro non può mai essere tanto perfetto da escludere ogni menoma porzioncella di aria. A questo ultimo difetto ha ovviato in parte M. Babinet per mezzo di un ingegnoso meccanismo, che permette di fare agire un corpo di tromba sopra dell'altro. Con ciò si ottiene che ambedue i residui si raccolgano nel medesimo corpo di tromba, ove compressi dallo stantuffo più facilmente acquistano la forza bastevole ad aprire la valvula **v**.

65. Se nella macchina pneumatica s'intenda cambiato il senso delle due valvule **v** e **v'**, di maniera che si aprano solamente di alto in basso, si avrà una macchina capace di condensare l'aria nel recipiente **R**. Difatto quando si abbassa lo stantuffo **S**, l'aria compressa nel corpo di tromba aprirà la valvula **v'** e v'entrerà: e così ripetendo l'operazione si verrà a condensare sempre più l'aria nel recipiente **R**, che in questo caso deve esser solidamente fissato. Allorchè la forza espansiva dell'aria contenuta nel recipiente sia giunta ad uguagliare la forza espansiva che acquista l'aria nel corpo di tromba alla scendere dello stantuffo, cessa la condensazione nel recipiente e tutta l'aria che è nel corpo di tromba si condensa fra la base del corpo di tromba e lo stantuffo. Anche in questa macchina s'impiegano talora due stantuffi, ma ciò non giova che a rendere più celere l'operazione, e non a diminuire lo sforzo considerevole che si esige a cacciare l'aria nel recipiente. A diminuire questa forza si fanno gli stantuffi di piccolo diametro.

La rarefazione o condensazione dell'aria nelle macchi-

ne pneumatica e di compressione bastano da se sole a provare che l'aria atmosferica è dotata di forza espansiva e che questa forza cresce colla densità. Ma per mezzo di queste macchine si fanno anche moltissime esperienze che conducono alla stessa conseguenza. Tali sono p. e. l'ammentare di volume che fa una bolla chiusa in un vaso capovolto sull'acqua e collocato nel recipiente della macchina pneumatica; Lo spezzarsi sotto allo stesso recipiente di un'ampolla di vetro piena d'aria e chiusa ermeticamente. L'impeto che concepisce una palla di piombo all'uscire dallo schioppo pneumatico. L'altezza a che ascende un getto d'acqua nella fontana di compressione, - simili giuochi fisici che s'intendono facilmente subito che si osserva il meccanismo degli apparati che li producono.



Anche la fontana di Erone serve alla stessa dimostrazione. La fontana di **Erone** è composta di due recipienti **M** ed **N** congiunti fralo ro per mezzo di due tubi, uno de'quali **AB** va dalla parete superiore del recipiente **M** fino presso il fondo del recipiente **N**, e l contrario l'altro **CD** va dalla parete superiore del recipiente **N** fino presso la superiore del recipiente **M**. L'impito d'acqua il

recipiente **M** *sopra ad* **ll'**, *se per il tubo* **AB** *si versi un poco d'acqua nel recipiente* **N**, *l'aria contenuta in questo recipiente è in parte cacciata nel recipiente* **M**, *dove accresce la densità di quella che v'era al disopra del livello* **ll'**; *e se il recipiente* **M** *sia munito di un tubo* **OS** *che con una estremità comunichi coll'aria esterna e coll'altra peschi fino verso il fondo del recipiente, si vede l'acqua uscir fuori del tubo* **OS** *in forma di getto. Ciò prova che la forza espansiva dell'aria che internamente comprime il livello* **ll'** *è cresciuta colla densità, mentre sempera la forza espansiva dell'aria esterna.*

Capo IX.

Della pressione de' fluidi aerei

66. *La somma mobilità delle molecole e il peso essendo proprietà comune a tutti i fluidi* (1), *anche ai fluidi aerei si debbono estendere quelle leggi che dalla mobilità e gravità delle molecule si sono dedotte* (55) *pei liquidi; e però in una massa liquida in equilibrio*

1°. Ciascuna molecula è premuta ugualmente in tutti i sensi.

2°. Tutte le molecule che si trovano sulla stessa superficie orizzontale soffrono la medesima pressione.

3°. La pressione che soffre una superficie qualunque orizzontale è in ragion composta della superficie premuta e dell'altezza e densità degli strati fluidi sovrapposti.

4°. Un corpo immerso in un fluido aereo perde tanto del suo peso quanto pesa il volume fluido che sposta.

Da quest'ultima legge si deduce che un corpo abbandonato all'azione della gravità scende, sale o resta in equilibrio secondochè la sua densità è maggiore, minore od uguale alla densità dell'aria in cui è immerso. Ciò intendiamo perchè il fumo, la fiamma ed il pallone vo-

(1) *Sotto il nome di fluidi aerei qualunque aggiunto non intendiamo mai di comprendere i fluidi eterei ed imponderabili.*

lante ascendano nell'aria e perche' i diversi corpi sebbene abbiano la stessa forma e volume cadono nell'aria con diverse velocità.

Dalla medesima legge si deduce ancora che pesando un corpo nell'aria per mezzo di una bilancia, allora solamente se ne può ottenere il vero peso quando la densità del corpo che si pesa è uguale alla densità de' contrapesi che si adoperano per pesarlo. In caso diverso per averne il vero peso conviene aggiungere al peso trovato il peso di un volume di aria eguale alla differenza fra il volume del corpo pesato e il volume de' contrapesi che hanno servito a pesarlo. Se l' esperienza si facesse nell'aria veramente pura, alla temperatura zero e sotto la pressione media dell'atmosfera la correzione non avrebbe nessuna difficoltà, sapendosi che il peso di aria in quelle circostanze è 1gr,299. Ma la densità dell'aria varia da un istante all'altro; sebbene queste variazioni d'ordinario sono piccolissime e si possono per lo più trascurare.

La perdita disuguale di peso che soffrono i corpi nell'aria si può vedere nella seguente esperienza. Si prendano due corpi dello stesso peso e di volumi molto diversi p. e. una grossa sfera metallica vuota e perfettamente chiusa ed una piccola palla di piombo. Questi due corpi si sospendano uno per parte alle due braccia di una sensibile bilancia, e stabilito perfettamente l'equilibrio, si collochi la bilancia sotto il recipiente della macchina pneumatica. Di mano in mano che l'aria si va rarefacendo l'asta della bilancia sempre più s'inclina dalla parte della grossa sfera: questa dunque perde nell'aria un maggior peso, dacche' lo riacquista maggiore col rarefarsi dell' a-

ria medesima.

Pressione atmosferica

67. *L'atmosfera è quella massa aerea che cinge la nostra terra e la segue ne' suoi movimenti di maniera che rimarrebbe immobile relativamente agli oggetti terrestri, se le cause che producono i venti non la tenessero continuamente agitata. Attesa la forza espansiva de' fluidi aerei parrebbe che le molecule dell'aria si dovessero espandere indefinitamente ed abbandonare la terra, ma la forza di gravità oppone un ostacolo alla forza espansiva dell'aria, onde l'altezza dell'atmosfera ha un limite, che si calcola essere circa 60 kilometri al disopra della superficie della terra. Dopo ciò che abbiamo detto (66) è manifesto che l'atmosfera eserciterà su ciascun corpo la pressione uguale al peso della colonna d'aria che ha per base la superficie del corpo e per altezza l'altezza stessa dell'atmosfera. Di più questa pressione opererà non solamente di alto in basso, ma di basso in alto, lateralmente e in tutti i sensi, in una camera chiusa non meno che all'aperto, e dovunque l'aria mantenga la stessa densità e forza espansiva. Tutto ciò è confermato da innumerabili esperienze: eccone alcune.*

Rarefatta l'aria in un tubo chiuso al di sopra con un pezzo di vescica fortemente legato, assai presto questo si curva e tanto si tende che alla fine scoppia con fragore prodotto dall'aria che rientra impetuosamente nel tubo. Lo stesso accade se il pezzo di vescica chiuda un'apertura lateralmente praticata nel tubo: dunque „ l'aria preme anche lateralmente. „

Se ad un bicchiere pieno di acqua si applichi un foglio di carta che lo cuopra esattamente e quindi si capovolga il bicchiere, la carta e l'acqua rimangono sospesi; ma cadono entrambi allorché s'introducono nell'aria molto rarefatta: dunque „ l'aria preme anche di basso in alto.„

Si prendano due emisferi di metallo vuoti (si chiamano gli emisferi di Magdeburgo) e si uniscano assieme per modo che i loro orli combacino perfettamente. Rarefatta l'aria nell'interno della sfera, è necessario uno sforzo grandissimo per separarli, qualunque sia la posizione in che si tiene l'apparato. Che se lascisi rientrare l'aria, si separano con gran facilità: dunque „ l'aria preme in tutti i sensi. „

Misura della pressione atmosferica

68. La pressione atmosferica fu per la prima volta dimostrata e misurata dal Torricelli discepolo di Galileo. Già da gran tempo si adoperavano le trombe per elevare l'acqua sopra il suo livello, ma questo effetto si attribuiva all'orrore del vacuo, che era quanto dire che se ne ignorava la cagione. Si era però osservato che per quanto si facesse agire lo stantuffo di una tromba l'acqua non ascendeva mai ad altezza maggiore di circa 32 piedi di Parigi, ossia $10^m,33$ prossimamente. Torricelli, non si potendo persuadere che la natura avesse in orrore il vuoto fino all'altezza di 32 piedi e non più oltre, sospettò che questo effetto dipendesse dal peso dell'aria e che la colonna d'acqua di 32 piedi fosse l'equivalente della pressione che l'atmosfera in forza del

suo peso esercita sulla superficie della Terra. Per verificare questo sospetto egli empì di mercurio un tubo di vetro lungo circa tre piedi e chiuso ad una delle sue estremità, capovolse il tubo e lo immerse in una vaschetta contenente pure del mercurio; allora ritirando il dito cessò di sostenere la colonna liquida contenuta nel tubo: questa cominciò a cadere lasciando vuota la parte superiore del tubo, ma ben tosto si fermò e dopo alcune oscillazioni restò sospesa in equilibrio all'altezza di circa 28 pollici, che nella misura metrica corrispondono a circa 0m, 76. In questa esperienza la parte superiore del tubo rimanendo vuota d'aria non altrimenti dello spazio che lascia dietro a se lo stantuffo allorchè sale nel corpo di tromba; la sospensione del mercurio nel tubo avrà la stessa causa dell'ascendere dell'acqua nelle trombe. Ma se ambedue questi effetti sono dovuti alla pressione dell'aria, il mercurio essendo 13, 6 più denso dell'acqua, la colonna di mercurio dovrà essere 13, 6 più corta di quella d'acqua, e tale appunto è a un dipresso il rapporto fra 0m, 76 e 10m, 33. L'esperienza di Torricelli fu subito ripetuta da molti fisici che sostituirono al mercurio ora l'acqua, ora il vino, ora l'olio e trovarono che le altezze delle colonne liquide erano sempre in ragione inversa delle densità de' liquidi; essa fu fatta

sulla sommità degli edifizi o di alte montagne o l'altezza della colonna liquida si trovò minore che al basso, come deve essere se la pressione atmosferica è la causa del fenomeno. E' dunque fuori di dubbio che la pressione atmosferica equivale al peso di una colonna di mercurio dell'altezza di circa $0^m,76$; epperò che la superficie della nostra terra è premuta dall'atmosfera come lo sarebbe da uno strato di mercurio della spessezza di $0^m,76$ che tutto attorno la inviluppasse, ovvero da un simile strato di acqua che avesse la profondità di $10^m,33$. Questa pressione dicesi la **pressione media, ordinaria o normale dell'atmosfera.**

89. E' molto facile trovare il peso equivalente alla pressione media dell'atmosfera sopra una data superficie. Infatti se il tubo di Torricelli avesse esattamente la sezione di un centimetro quadrato, la colonna di mercurio che fa equilibrio alla pressione atmosferica peserebbe (39) $0^m,76 . 13,6 = 1033$ grammi. Dunque la pressione atmosferica equivale ad $1^k,033$ sopra ogni centimetro quadrato di superficie. Posto che la superficie del corpo umano sia di un metro e mezzo, la pressione media che sopporta un uomo sarebbe di circa 15 487 kilogrammi. Forse taluno si maraviglierà che possa l'uomo sopportare sì gran peso senza alcun disagio; ma bisogna osservare che tale pressione si esercita in ogni senso, epperò non possiamo sentirne il peso, e quanto alle cavità interne del corpo i fluidi che vi si contengono fanno equilibrio alla pressione esterna e impediscono che il corpo ne sia schiacciato. Gli animali che si collocano sotto il recipiente della macchina pneumatica

non muoiono solamente per mancanza di respiro, ma anche per rottura de' vasi interni, prodotta dalle sostanze aeree che vi sono chiuse, la cui forza espansiva non è più equilibrata dalla pressione atmosferica.

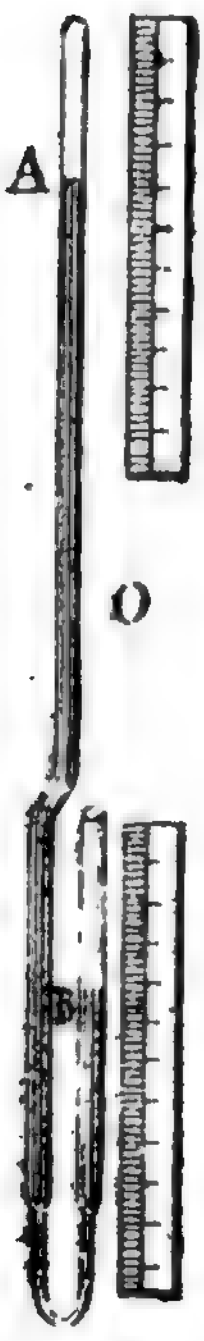
La pressione media dell'atmosfera si prende per unità di misura delle pressioni ed in questo caso le si dà il nome di atmosfera. Allorchè si dice p. e. che un gas chiuso in un recipiente ha la forza di un'atmosfera, si vuol significare che le pareti del recipiente sono premute da questo gas con una forza eguale al peso di $1^k,033$ sopra ogni centimetro quadrato di superficie. Le pressioni di 2, 3, 4 ecc. atmosfere denotano una forza doppia, tripla, quadrupla ecc del peso di $1^k,033$. Uno stantuffo di 200 centimetri quadrati di superficie mosso da una forza di sette atmosfere soffrirà dunque una pressione equivalente a $146^k,2$.

Barometri

70. I barometri o misuratori della pressione atmosferica sono di tre specie; cioè a vaschetta, a sifone ed aneroidi.

Il barometro a vaschetta in sostanza è l'apparato stesso con che Torricelli provò e misurò la pressione dell'atmosfera. Ma per liberare l'interno del tubo ed il mercurio da tutta l'aria e l'acqua che sempre hanno seco e che sprigionandosi impedirebbero al mercurio di salire liberamente, è necessario far bollire più volte il mercurio nel tubo introducendovelo a poco a poco; quindi si rovescia il tubo in un vasello contenente del mercurio.

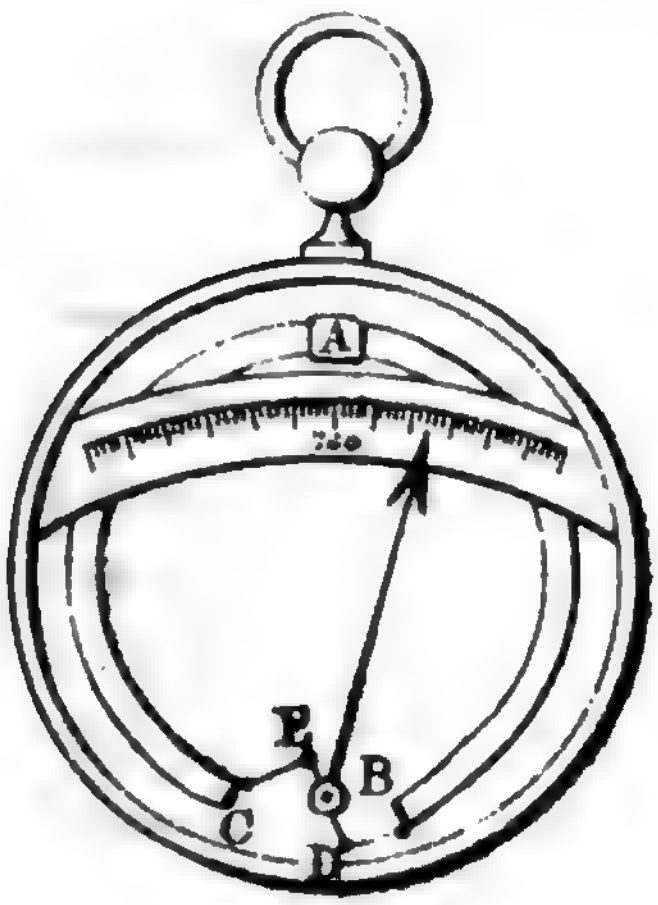
Tutto l'apparato si fissa ad una tavoletta verticale, munita presso il livello superiore del mercurio di una scala divisa in millimetri avente lo zero al livello inferiore. La distanza fra i due livelli del mercurio è l'altezza barometrica, che misura la pressione atmosferica. Quest'altezza però non si può conoscere con precisione paragonando il livello superiore del mercurio colla scala graduata che gli è annessa, da che il livello della vaschetta e per conseguenza lo zero della graduazione varia al variare dell'altezza barometrica, variazione che sarà tanto maggiore, quanto è minore la capacità della vaschetta relativamente al diametro del tubo. Per conoscere la vera altezza barometrica è dunque necessario o misurare ogni volta la precisa distanza fra i due livelli, o meglio servirsi di un barometro, che abbia la vaschetta mobile, di maniera che prima di ogni osservazione si possa riportare il livello della vaschetta a un punto fisso, cioè allo zero della scala. Inoltre bisogna correggere le alterazioni che nell'altezza barometrica producono l'azione capillare e la temperatura: ma di quest'ultima correzione parleremo a suo luogo.



Il barometro a sifone consiste in un tubo piegato a guisa di sifone, chiuso all'estremità del braccio più lungo ed aperto all'altra fatta a guisa di vaschetta. Si empie di mercurio usando le stesse cautele che nel barometro a vaschetta, ed in vicinanza dei due livelli del mercurio si fissano due scale divise in millimetri ed aventi lo zero in un punto con una O interposto fra

i dui livelli. L'altezza barometrica si ottiene immediata-mente dalla somma AO + BO. Il barometro a sifone a preferenza di quello a vaschetta ha il vantaggio di poter essere indipendente dall'azione capillare: infatti se le due braccia abbiano esattamente lo stesso diametro, le tendenze alla depressione sono uguali e contrarie da una parte e dall'altra, epperò si elidono mutuamente.

Il barometro aneroide o senza liquido è fondato sul seguente principio di meccanica. „ Un sottile tubo metallico „ perfettamente chiuso e piegato ad arco, tende a pie- „ garsi maggiormente ovvero a raddrizzarsi, secondochè „ cresce ovvero diminuisce „ la pressione esteriore. „



Ciò posto, si prende un tubo di sottilissima lamina d'ottone ermeticamente chiuso e si fissa in A sopra un piano lasciando libere le due estremità B e C. Se la pressione atmosferica cresce, le estremità B e C si accostano di più, la leva ED si muove e trasmette il suo movimento ad un indice, che percorre un arco diviso in millimetri; che se la pressione atmosferica diminuisce, l'estremità B e C si allontanano e l'indice percorre l'arco graduato in senso opposto. Questo barometro comodissimo nei viaggi, estremamente semplice e sensibile, ha però bisogno di essere paragonato spesso ad un barometro a mercurio, poichè im-

mediatamente non mostra la pressione atmosferica, ma solamente le variazioni a cui va soggetta la pressione medesima.

71. In quanto alle variazioni della pressione atmosferica daremo qui alcuni de' risultati che si sono ottenuti dalle osservazioni barometriche fatte in molti luoghi e per molto tempo continuate.

La somma delle altezze barometriche osservate a ciascun' ora del giorno, divisa per 24 dicesi altezza media diurna. La somma delle altezze medie diurne trovate durante un mese, divisa pel numero de' giorni del mese è l'altezza media mensile; e la somma delle altezze medie mensili di tutto un anno, divisa per 12 dà l'altezza media annua. Ciò premesso, veniamo ai risultati dell'osservazione.

La media annua in un medesimo luogo è a un dipresso costante; ma varia da luogo a luogo. Così p. e. a Roma è $0^m,758$; ed a Parigi $0^m,756$. Le variazioni della media annua dipendono da due cause; dall'altezza del luogo relativamente al livello del mare, e dalla latitudine. La prima di queste cause segue una legge assai bene conosciuta, e se ne può calcolare l'effetto, riducendo le osservazioni come suol dirsi al livello del mare. Per ciò che spetta la latitudine si è trovato che la media annua cresce dall'equatore fino verso ai 34 gradi, e poi diminuisce di mano in mano che si va verso i poli.

La media mensile non è costante neppure in un medesimo luogo, ma suol essere maggiore nell'inverno che nell'estate.

La media diurna generalmente parlando si può aver

da una sola osservazione fatta sul mezzodì, giacchè a quest'ora o in quel torno il barometro suol giungere alla sua altezza media. Passato il mezzodì, l'altezza barometrica diminuisce e giunge a un minimo tra le 3 e le 5; quindi cresce e giunge a un massimo tra le 9 e le 11 della sera: poi scende di nuovo ed arriva ad un altro minimo dopo la mezza notte, e finalmente risale per ritornare una seconda volta ad un massimo d'altezza tra le 8 e le 9 del mattino. Nell'inverno le ore delle massime e minime altezze sono più tarde il mattino e più sollecite la sera. Queste regolari oscillazioni del barometro costituiscono il periodo diurno, che suole anche dirsi flusso e riflusso atmosferica. Il periodo diurno è assai manifesto in tutta la zona torrida, ma nelle nostre latitudini resta per lo più dissimulato dalle variazioni accidentali.

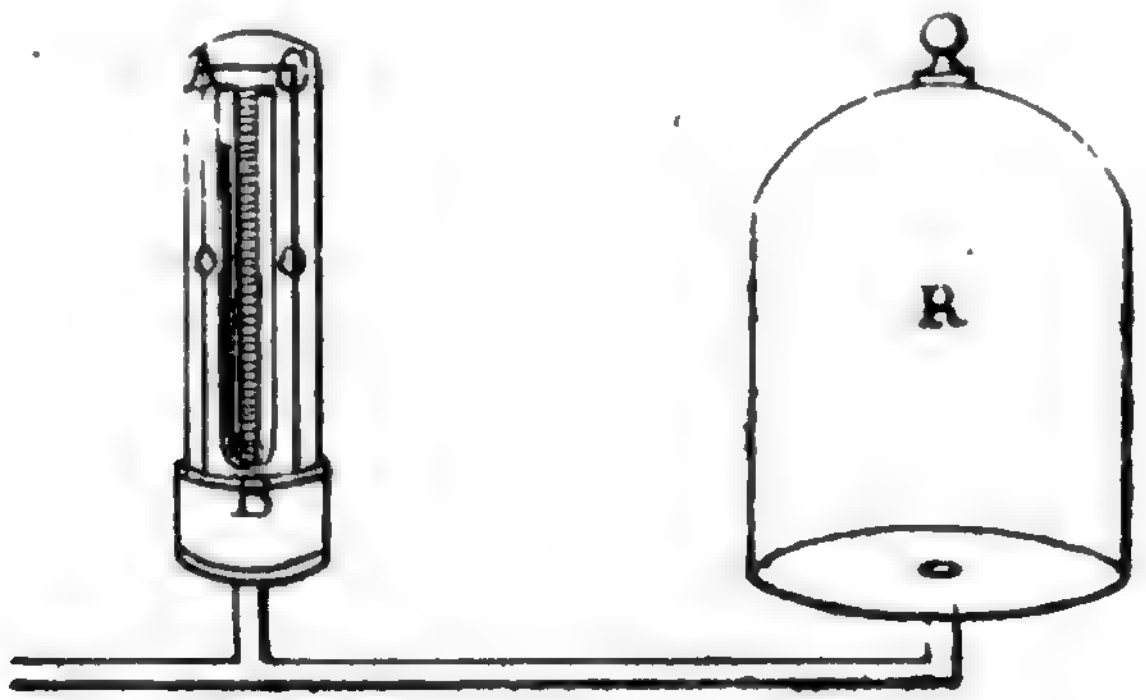
Le variazioni accidentali sono quegli abbassamenti od innalzamenti ora lenti ed ora repentini cui va di continuo soggetta l'altezza barometrica nei nostri climi, ma pochissimo nelle regioni equatoriali. Non v'ha dubbio che queste variazioni abbiano qualche relazione collo stato del cielo. I notabili abbassamenti per lo più precedono le piogge, come gl'innalzamenti il bel tempo. Spesso però le variazioni del barometro non precedono ma accompagnano le mutazioni del tempo; e qualche volta né le precedono né l'accompagnano, ma il barometro resta basso e cessa il tempo cattivo o dura questo benchè il barometro sia alto. I pronostici del barometro non oltrepassano dunque i limiti della probabilità. Il certo si è che le variazioni barometriche infal-

libilmente ci annunziano i cangiamenti che accadono nella pressione atmosferica; epperò fa d'uopo tenerne conto in tutti que' fenomeni, e sono moltissimi, nei quali la pressione atmosferica interviene o come causa o come circostanza perturbatrice. Se p. e. il barometro da $0^m,76$ scenda a $0^m,74$, il nostro corpo da una pressione equivalente a 15487^k, passerà a sopportarne una equivalente a 15081^k, cioè sarà alleggerito di 406^k. Un cangiamento così notabile deve necessariamente produrre qualche modificazione sulle funzioni del nostro corpo, come certamente produce sul peso dei corpi, sulla evaporazione ed ebollizione de' liquidi, sulla compressibilità dei gas &c.

72. Occorre spesso conoscere fino a che grado si è rarefatta l'aria nel recipiente della macchina pneumatica. Ciò si ottiene mettendo in comunicazione il recipiente medesimo coll'estremità superiore di un tubo, la cui estremità inferiore pesca nel mercurio contenuto in una vaschetta. A misura che l'aria si rarefà nel recipiente, il mercurio ascende nel tubo, ed una scala divisa in millimetri ci fa conoscere ad ogni istante l'altezza della colonna di mercurio sopra il livello della vaschetta e per conseguenza la densità dell'aria che ancor rimane nel recipiente; poichè se la pressione atmosferica durante l'esperienza sia p. e. $0^m,76$ e l'elevazione del mercurio nel tubo sia giunta a $0^m,74$, la pressione a cui fa equilibrio l'aria rarefatta nel recipiente sarà $0^m,76 - 0^m,74 = 0^m,02$. E siccome la densità dell'aria è proporzionale alla pressione, perciò la densità dell'aria esterna starà alla densità dell'aria nel recipiente come $\frac{0,76}{0,02}$. Dunque se si

chiami uno la densità dell'aria esterna, la densità di quella che resta nel recipiente sarà 0,026.

Ma per conoscere il grado di rarefazione a cui è giunta l'aria nel recipiente della macchina pneumatica, invece di un barometro intero, si fa uso di un barometro



troncato che dicesi anche Manometro. Consiste questo manometro in un tubo ricurvo ABC chiuso entro una piccola campana di vetro che comunica col recipiente R della macchina pneumatica. Il braccio AB del tubo è chiuso ed interamente pieno di mercurio, l'altro CB è aperto. Rarefacendosi l'aria nel recipiente R, per ugual maniera si rarefà nel braccio aperto CB, e quando la rarefazione sia bastevolmente inoltrata, scenderà il mercurio nel braccio chiuso e salirà nell'aperto, e se in questo si potesse fare il vuoto perfetto, è chiaro che il mercurio si metterebbe allo stesso livello 00 nell'uno e nell'altro braccio: Dunque la differenza di livello che ha il mercurio nelle due braccia del tubo indicherà la pressione dell'aria, che ancora rimane nel recipiente. Questo apparato è un vero barometro ma che non può

servire se non per l'aria molto rarefatta. Se vogliasi cal colare la densità dell'aria residua nel recipiente, basterà applicare alla differenza di livello del mercurio nelle due braccia del manometro ciò che si è detto di sopra del l'elevazione del mercurio nel tubo che comunica col recipiente stesso.

LIBRO SECONDO

PRINCIPII DI CHIMICA

Oggetto della Chimica

73. *LA CHIMICA è quella parte di filosofia naturale che tratta dell'interna costituzione de' corpi, e delle leggi che regolano le combinazioni degli elementi che li compongono. Appartiene adunque alla chimica l'investigare*

1°. Quali sieno i corpi semplici e quali i composti; e di questi, che senza fallo sono in maggior numero, quali sieno i componenti.

2°. Lo stato in cui la natura ci offre o l'arte ci procura i diverse sostanze semplici e composte.

3°. L'azione reciproca che hanno tra loro queste sostanze, ossia le proprietà chimiche de' corpi, le quali tutte consistono nell'azione mutua degli elementi che le compongono.

4°. Finalmente le leggi secondo le quali gli elementi de' corpi si uniscono o si separano, cioè le leggi della sintesi ed analisi chimica.

Le materie di questi capi è vastissima, ma noi ci terremo entro i limiti di un compendio elementare.

Corpi semplici

74. Si dicono **semplici** quei corpi che non si sono ancora potuti scomporre. I chimici moderni ammaestrati dalle cadute dei loro predecessori non dànno al predicato semplice che un senso puramente relativo, e lo hanno per sinonimo di indecomposto. Se i progressi futuri delle scienze naturali permetteranno alla Chimica di perfezionare i mezzi di analisi che possiede o di usarne de' nuovi, forse alcune delle sostanze che ora si dicono semplici e potrebb'essere anche tutte passeranno nel numero delle composte.

Le sostanze che presentemente si hanno per semplici sono circa 62. Diciamo circa perchè da valenti chimici si è annunziata l'esistenza di alcune altre sostanze semplici molto rare, delle quali ancora non si conosce bene le proprietà (1).

La tavola che segue contiene i nomi delle sostanze semplici coi segni usati dai chimici per rappresentarle. I numeri posti a lato di ciascuna sostanza sono il peso specifico a 0°, ed il peso atomico (135) della sostanza medesima.

	Segno	Peso Spec.°	Peso atom.°
Alluminio	Al	2,5	170,90
Antimonio	Sb	6,7	806,45

(1) M. Bunsen ha trovato nelle acque minerali di Kreunach e Durkheim due nuovi metalli alcalini, dei quali uno ha avuto il no

	Segno	Peso Spec.°	Peso atom.°
Argento	Ag	10,5	1349,01
*Arsenico	As	5,8	937,50
Bario	Ba	2,1	858,00
Bismuto	Bi	9,8	1330,38
*Boro	Bo	1,2	272,41
*Bromo	Br	2,9	1000,00
Cadmio	Cd	8,7	696,77
Calcio	Ca		250,00
*Carbonio	C		75,00
Cerio	Ce		375,00
*Cloro	Cl	2,45	443,20
Cobalto	Co	7,8	368,65
Cromo	Cr	5,9	328,50
Didimio	D		
Erbio	E		
*Fluore	F		235,43
Ferro	Fe	7,3	350,00
*Fosforo	Ph	1,8	387,50
Glucinio	G	2,1	87,12
*Idrogene	H	0,069	12,50
Ilmenio	Il		750,00
*Iodio	I	4,9	1586,00
Ittrio	Y		402,31
Iridio	Ir		1232,08

---

me di Cesio e il peso atomico 1368. V. Bibliot. Univ. Arch.
Août 1861.

	Segno	Peso spec.°	Peso atom.°
Lantanio	La		600,00
Litio	Li		81,66
Magnesio	Mg	1,7	152,55
Manganese	Mn	8,01	344,68
Mercurio	Hg	13,6	1250,00
Molibdeno	Mo	8,6	596,10
Nickel	Ni	8,3	369,33
Niobio	Nb		
* *Nitrogene*	N	0,97	175,00
Oro	Au	19,3	1221,75
Osmio	Os	10,2	1242,62
* *Ossigene*	O	1,10	100,00
Palladio	Pd	11,8	665,47
Piombo	Pb	11,3	1294,50
Platino	Pt	21,5	1232,08
Pelopio	Pp		
Potassio	K	0,86	489,30
Rame	Cu	8,87	395,60
Rodio	R	10,6	651,96
Rutenio	Ru	8,6	
* *Selenio*	Se	4,3	495,28
* *Silicio*	Si		266,82
Sodio	Na	0,97	287,17
* *Solfo*	S	1,99	200,00
Stagno	Sn	7,3	735,29
Stronzio	Sr		548,00
Tantalio	Ta		1148,36
* *Tellurio*	Te	6,1	801,76

	Segno	Peso spec.°	Peso atom.°
Terbio	Tr		
Titanio	Ti	5,3	314,70
Torio	To		743,86
Tùngsteno	Tg	17,6	1188,36
Uranio	U		750,00
Vanadio	Vd		855,84
Zinco	Zn	6,8	406,50
Zirconio	Zr		419,73

I segni rappresentativi sono presi dalle iniziali del nome latino di ciascuna sostanza; perciò i segni Sb, Pb, Y, H, Hg, Au, K, Cu, Na non combinano colle iniziali de' nomi volgari, perchè i nomi latini delle sostanze che rappresentano sono Stibium, Phosphorus, Yttrium, Hydrogenium, Hydrargyrum, Aurum, Kalium, Cuprum, Natrium. Al Nitrogene alcuni danno il nome di Azoto, e lo rappresentano col segno Az.

Alcune sostanze semplici mostrano tra loro ben diverse apparenze, di maniera che non solo quanto ai caratteri fisici, ma eziandio quanto alle affinità chimiche sembrano diverse da se stesse, e sotto qualche rapporto anche più diverse da se stesse che da altre sostanze semplici. Questa rimarchevole proprietà di offrire qualità diverse sotto identica natura dicesi allotropismo.

Le sostanze semplici si sogliono dividere tra metalloidi e metalli. La classe de' metalloidi comprende le quindici sostanze che nel catalogo de' corpi semplici sono precedute da un asterisco. Non abbiamo de' criteri az

solti per distinguere con sicurezza i metalloidi dai metalli, ciononostante questa divisione è molto comoda per lo studio della chimica.

Corpi composti.

75. L'analisi chimica e la sintesi ci mostrano che i composti inorganici risultano dall'unione di due, tre o quattro sostanze semplici, rare volte di cinque o di sei.

Per quanto sia complicata la composizione di un corpo inorganico, immediatamente esso non è che il risultato di due elementi o semplici o anche essi decomponibili in altri due. Ogni composto inorganico si può dunque considerare come un binario, e i due elementi che lo compongono si dicono gli elementi immediati del composto. In ciò consiste il dualismo chimico.

I composti di un elemento semplice e di un altro o semplice o composto si dicono binarî di prim'ordine.

I composti di due binari di prim'ordine si appellano binarî di second'ordine o sali.

I composti di un binario di secondo ordine e di un altro di primo o second'ordine si chiamano binarî di terzo ordine.

I composti di un binario di terz'ordine ed uno di primo o secondo diconsi binarî di quarto ordine.

Ai binarî di 3° e 4° ordine si dà anche il nome di sali doppi o sali composti.

In ogni composto uno degli elementi immediati dicesi positivo e l'altro negativo. Le denominazioni di positivo e negativo hanno la loro origine dalle analisi che

si fanno per via di elettricità, chiamandosi positivo l'elemento che nell'analisi prodotta dall'elettricità va al polo negativo dell'elettromotore, e negativo quello che va al polo positivo. Per ora basti sapere:

1°. Che nei binari di primo ordine che contengano l'ossigene, questo fa sempre da elemento negativo.

2°. Che i metalloidi sono sempre negativi rispetto ai metalli.

3°. Che nella serie dei metalloidi fluore, cloro, bromio, solfo, tellurio, fosforo, arsenico, tungsteno, carbonio, boro idrogene ciascuno è negativo rispetto a tutti quelli che lo seguono, e positivo riguardo a tutti quelli che lo precedono.

Apparisce da ciò che le voci positivo e negativo non hanno in chimica valore assoluto ma relativo.

I corpi organici risultano anch'essi dall'unione delle medesime sostanze semplici, che formano i composti inorganici; ne' si è fin qui trovata una sostanza elementare organica diversa dalle inorganiche.

Non tutte le sostanze semplici servono di elementi alla composizione de' corpi organici, ma solamente alcune di esse. Queste sono principalmente l'ossigene, l'idrogene, il carbonio ed il nitrogene, le quali nella massima parte de' corpi organici costituiscono oltre i nove decimi del composto, epperò si chiamano gli elementi organogeni.

Nella composizione di alcuni corpi organici, oltre ai quattro elementi organogeni, entrano ancora, sebbene in dose assai minore altre sostanze semplici e specialmente il solfo, il fosforo, il ferro, il calcio il sodio ed il potassio.

Alcuni composti inorganici e moll' organici sebbene abbiano identica composizione chimica, pure si mostrano dotati di proprietà molto diverse. Questi composti si dicono isomeri ed isomerismo *il fenomeno che ci presentano.*

Nomenclatura dei composti inorganici.

76. *Il numero de' composti inorganici è talmente grande, che sarebbe difficile il ritenere i loro nomi e quelli de' principî che li costituiscono senza l'aiuto di una nomenclatura sistematica, che ci ponga in istato di formare i nomi de' corpi composti mediante i nomi delle sostanze semplici che li compongono.*

I chimici sono però convenuti di esprimere i composti per mezzo de' nomi dei due elementi immediati che li compongono. L'elemento negativo si prepone e determina il genere, il positivo si pospone e determina la specie.

Binari di primo ordine

I binari di primo ordine si dividono in acidi, basi ed indifferenti.

Acidi si dicono quei binarî di primo ordine che fanno sempre o quasi sempre da elemento negativo ne' binari di second'ordine o sali. Gli acidi che sono solubili, facilmente si distinguono al sapore acre e piccante ed all'arrossare che fanno la maggior parte de' colori vegetali, azzurri o violetti. Gli acidi che contengono ossigene si chiamano ossiacidi *e si esprimono coll'aggiungere il no-*

me generico ne dà (che in questo caso tiene le veci della voce ossigene) un aggettivo in ICO, formato dal nome dell'elemento positivo. Così p. e. acido clorico indica un composto di ossigene e di cloro avente le proprietà degli acidi. Se l'ossigene forma collo stesso elemento positivo due acidi diversi, per distinguerli si dà la desinenza in ICO a quello de' due acidi che contiene maggior dose di ossigene e la desinenza in OSO a quello che ne contiene dose minore. Così p. e. acido clorico ed acido cloroso denotano due composti d'ossigene e di cloro ambedue acidi, ma il primo con maggiore dose d'ossigene che il secondo.

Che se l'ossigene forma collo stesso elemento positivo più di due acidi, per distinguerli si premettono all'elemento positivo le proposizioni IPO, IPER o PER. Così acido ipecloroso significa un acido che sta sotto al cloroso ed acido ipercloroso o percloroso un acido che sta sopra all'acido clorico per rapporto alla quantità d'ossigene che contengono(1).

Gli acidi che non contengono ossigene si esprimono nello stesso modo, salvo che l'aggettivo si compone de' nomi di ambedue gli elementi: così acido solfoidrico significa un composto d'idrogene e di solfo che ha le proprietà degli acidi.

---

(1) I chimici non sono ancora ben d'accordo in quanto alle denominazioni degli acidi che fa l'ossigene collo stesso elemento positivo nel caso che le proposizioni IPO o PER non sieno bastevoli a distinguerli tutti. Ma questo caso finora è molto raro, e chi sa le regole generali della nomenclatura non trova difficoltà nell'intendere p. e. che aci-

Basi si dicono quei binarî di prim'ordine che fanno sempre o quasi sempre da elemento positivo nella composizione dei binarî di second'ordine o sali (1), indifferenti poi o neutri si dicono quelli che non fanno mai nè da acido nè da base, o fanno indifferentemente le veci or dell'acido or della base.

Le basi e gl'indifferenti che contengono ossigene si esprimono coll'aggiungere al nome generico ossido il nome dell'elemento positivo che si fa genitivo. Così p. e ossido di rame, ossido di ferro denotano delle combinazioni basiche dell'ossigene con quei metalli (2).

Quando l'ossigene forma collo stesso elemento positivo diverse combinazioni basiche o indifferenti, alla voce _ossido_ si premettono le particelle (3) SESQUI, BI, TRI, &c. per indicare

---

do iposolforico monosolforato ovvero acido tri-tionico (da θεῖον - solfo)

denotano una combinazione ciascuna contenente maggiore dose di solfo dell'acido iposolforico o solforico

(1). Nella definizione dell'acido e delle basi si è usata l'espressione — sempre o quasi sempre —, perchè vi sono degli acidi che fanno l'ufficio di base rispetto ad acidi più forti, come l'acido borico rispetto al tartrico nel tartrato di acido borico; e vi sono delle basi che fanno funzione di acido rispetto a basi più energiche, come l'allumina rispetto alla magnesia nell'alluminato di magnesia.

(2). Alcuni chimici in cambio del genitivo usano l'aggettivo colla desinenza in OSO od INICO per denotare con quello una minore e con questa una maggiore dose dell'elemento negativo; e dicono ossido nitroso, ossido nitrico in vece di protossido di nitrogene e d. bi—ossido di nitrogene. —

(3). Si aggiunga ancora la particella — PROTO.

re le diverse quantità di ossigene che si combinano ad una stessa quantità dell'elemento positivo. Così p. e. protossido di manganese, sesquiossido di manganese, biossido di manganese denotano tre combinazioni non acide dell'ossigene col manganese, nelle quali le quantità di ossigene sono fra loro come $1 : \frac{3}{2} : 2$.

Gli ossidi che contengono meno ossigene del protossido si dicono ossiduli o subossidi; ed al composto più ossigenato si dà anche il nome di perossido: così diciamo perossido di manganese, invece di bi-ossido di manganese.

Da questa regola si sogliono eccettuare l'acqua e gli alcali minerali (1); cioè la potassa, la soda e la litina che ritengono i loro nomi invece delle frasi tecniche protossido di idrogene, protossido di sodio ed ossido di litio.

Anche le terre ritengono i loro nomi di calce, barite, strontiana, magnesia, ittria, glucinia, giargonia, torina, allumina e silice (2), sebbene siano tutte combinazioni basiche dell'ossigene con un metallo, cioè ossidi, ad eccezione della silice che è un acido.

Le basi e gli indifferenti che non contengono ossigene si esprimono con dare all'elemento negativo la desinenza in URO ed aggiungendovi il nome dell'elemento positivo che

---

(1). Queste tre sostanze unitamente all'ammoniaca formano la classe degli alcali propriamente detti. Gli alcali sono basi energiche, solubilissime e caustiche, sogliono al verde la tintura blù di viole, restituiscono il loro colore alle tinture [illegible] sate da un acido, ed arrossano le tinture gialle di curcuma [illegible] barbaro.

(2) Le prime quattro si dicono terre alcaline, perchè le loro proprie

anche in questo caso si fa genitivo e così diciamo ioduro di fosforo, cloruro di calcio. Le particelle PROTO, SESQUI, BI, TRI &c. hanno qui lo stesso uso e significato che negli ossidi: così p. e. protosolfuro di ferro e bisolfuro di ferro indicano due composti di solfo e ferro, nei quali le quantità di solfo sono fra loro come 1:2.

Che se alla medesima quantità dell'elemento negativo il positivo si unisca in dose doppia, tripla &c. della prima, allora si rende aggettivo il nome dell'elemento positivo cangiando la desinenza in ICO, e vi si premettono le particelle MONO, DI, TRI, TETRA, PENTA &c: così p. e. nitruro triidrico denota un composto di nitrogene e di idrogene in cui la quantità dell'idrogene è tripla di quella che si contiene nel nitruro monoidrico.

Quando uno degli elementi del binario è composto la regola non cambia, ma si forma una sola parola coll'innesto de' nomi degli elementi più negativi: così iodosolfuro d'arsenico denota un composto di solfuro d'arsenico e di iodio.

Anche questa regola soffre alcune eccezioni. Ai composti metallici si dà per lo più il nome di lega, che si fa seguire dai nomi de' metalli che la costituiscono. Le leghe di zinco e rame, di rame e stagno ritengono i loro vecchi nomi di ottone e bronzo. Se una lega contiene il mercurio prende il nome generico di amalgama: così amalgama di oro equivale a lega di mercurio e di

---

ti somigliano quelle degli alcali, le altre si appellano terre aride.

oro. Di più vi sono de' composti del nitrogene, a cui si dà commemente un nome univoco: tali sono il cianogene, l'amide, l'ammoniaca, e l'ammonio, che dovrebbero dirsi nitruro di carbonio, nitruro bidrico, nitruro tridrico, nitruro tetraidrico. Un altra eccezione che è stata molto in uso fino a questi ultimi tempi e che tocca anche la regola degli acidi, risguarda i binarî gazosi che contengono idrogene, i quali si solevano enumerare premettendo l'elemento positivo e dando al negativo l'uscita in ATO; p. e. idrogene bicarbonato, idrogene solforato in cambio di bicarburo d'idrogene e di acido solfoidrico

Binarî di secondo e di più alto ordine

77. I binarî di secondo ordine o sali si dividono in neutri, acidi e basici. Si dicono sali neutri quelli nei quali o sono del tutto latenti le proprietà dell'acido e della base, o hanno una composizione analoga a quella di un sale congenere in cui quelle proprietà sono tutte latenti. Sale acido o soprasale si dice quello in cui la quantità dell'acido è maggiore che nel sale neutro, e sale basico o sottosale quello in cui è maggiore la quantità della base. La maggior parte de' sali sono formati dall'unione degli ossiacidi cogli ossidi metallici, e si appellano ossisali. Nella nomenclatura de' sali conviene esprimere l'acido, la base ed il grado di acidità o basicità.

In quanto all'acido il nome generico - acido - si omette, e la desinenza in ico ed oso del nome specifico si cambia in ATO od ITO Se p. e. l'acido che fa dei elemen

to negativo in un dato sale sia l'acido solforico o l'ipo solforico o il solforoso, noi diremo che il sale è un solfato o un iposolfato o un solfito. Questa regola si osserva anche nel caso che l'elemento negativo sia indifferente, e diremo alluminati, cloromercuriati i sali che hanno per elemento negativo l'allumina o il bicloruro di mercurio. I sali che hanno per elemento negativo l'acqua diconsi idrati.

Quanto poi alla base od elemento positivo si tiene la stessa regola de' binarî di primo ordine che non sono acidi, cioè il nome della base si pone in genitivo. Epperò se all'acido solforico è unito il biossido di rame o il sesquiossido di ferro, si dirà solfato di biossido di rame, o solfato di sesquiossido di ferro. Quando l'elemento positivo è l'unico ossido solificabile che un dato metallo forma coll'ossigene, per lo più si sopprime la voce -ossido- e si dice solfato d'argento invece di solfato d'ossido d'argento-. Ne' da ciò può nascere equivoco, essendo notissimo ai chimici che „ nessun metallo si combina agli acidi, se non sia allo stato di ossido „.

I gradi di acidità e basicità si esprimono mediante le particelle SESQUI, BI, TRI, QUADRI &c. premesse al nome dell'acido o all'epiteto basico. Così p. e. bisolfato di soda denota un sale in cui la quantità di acido è doppia di quella che si contiene nel solfato neutro di soda, e fosfato di calce sesquibasico indica un sale in cui la quantità di base è una volta e mezzo maggiore che nel fosfato neutro di calce. La voce neutro si sottintende sempre che non si premetta alcuna particella all'acido o all'epiteto basico, epperò solfato neutro di so-

da equivale a solfato di soda.

L'acqua spesso fa l'ufficio di base cogli acidi solforico, nitrico &c, ed in tal caso si dovrebbe dire solfato di acqua, nitrato d'acqua, ma è invalso l'uso seguente. Se l'acido contiene l'acqua in proporzione indeterminata, che è il caso più frequente, si prescinde da questo e si dice semplicemente acido solforico, acido nitrico. Che se l'acido contiene l'acqua intimamente combinata in proporzioni determinate gli si aggiungono gli epiteti di monoidrato, bidrato &c; e si dice acido solforico monoidrato, acido nitrico bidrato. Se finalmente l'acido è affatto privo di acqua, gli si dà l'epiteto di anidro; acido solforico anidro, acido nitrico anidro.

Nella nomenclatura de' binarî di terzo ordine o sali doppi si esprimono uno dopo l'altro ambedue i sali; così diciamo solfato di soda con nitrato di potassa.

Che se i due sali hanno comune la base, questa si esprime una volta sola ed i nomi de' due acidi talora s'innestano assieme: così p. e. solfato e tartrato di chinina, ovvero solfotartrato di chinina denota un composto di solfato di chinina e tartrato di chinina. Ma questi sali a doppio acido sono rarissimi.

Se poi i due sali abbiano comune l'acido, questo non si nomina che una volta; così p. e. solfato d'allumina e di potassa indica un composto di solfato d'allumina e di solfato di potassa. Questi sali a doppia base sono numerosi, e quando fra essi se ne trovano dei basici od acidi, si fa uso, come ne' sali semplici, delle particelle sesqui, bi, tri &c: così la denominazione di solfato di biossido di rame e d'ammoniaca tri-

basico esprime un sale doppio che risulta dall'unione di due sali basici.

Coi binari di terzo ordine si può trovare combinata l'acqua, ed allora l'aggiunto dell'epiteto idrato basta ad esprimere il binario di quarto ordine che ne risulta, e. g. solfato d'allumina e di potassa idrato.

Nomenclatura de' composti organici

78. L'immensa moltitudine de' corpi organici che risultano dall'unione di tre o di tutti quattro gli elementi organogeni, rende impossibile di esprimere senza generare confusione, i composti organici mediante i nomi delle sostanze semplici che li compongono. La regola fondamentale della nomenclatura chimica non si è perciò applicata ai composti organici; ma se questi hanno le proprietà degli acidi, si esprimono aggiungendo al nome generico —acido— un altro nome per lo più indicante la sostanza vegetale o animale da cui sono tratti dandole la desinenza in ICO. Così diciamo acido citrico l'acido tratto dal limone, acido gallico quello ottenuto dalla noce di galla, acido lattico quello estratto dal latte ecc.

Se i composti organici sono basici, nel qual caso si dicono anche basi salificabili organiche od alcaloidi organici, per lo più il loro nome è preso o da qualche loro proprietà o dalla pianta o dall'animale o dall'organo particolare che li fornisce, e gli si dà la desinenza in **INA**. Tali sono la morfina estratta dall'oppio, la chinina dalla china, la cholesterina dalla bile degli animali. Che

se i composti organici sono indifferenti, non v'è alcuna legge per la loro nomenclatura. Tali sono l'amido, lo zucchero, l'alcool, l'albumina, la gelatina &c.

In quanto ai sali che i composti organici acidi o basi ci fanno fra loro o colle basi ed acidi inorganici, le regole della nomenclatura chimica non subiscono alcuna modificazione. Così diciamo lattato di ferro, solfato di chinina, acetato di morfina; sebbene il primo di questi sali risulti dall'unione di un acido organico con una base inorganica, il secondo di un acido inorganico con una base organica, ed il terzo di un acido organico con una base parimenti organica.

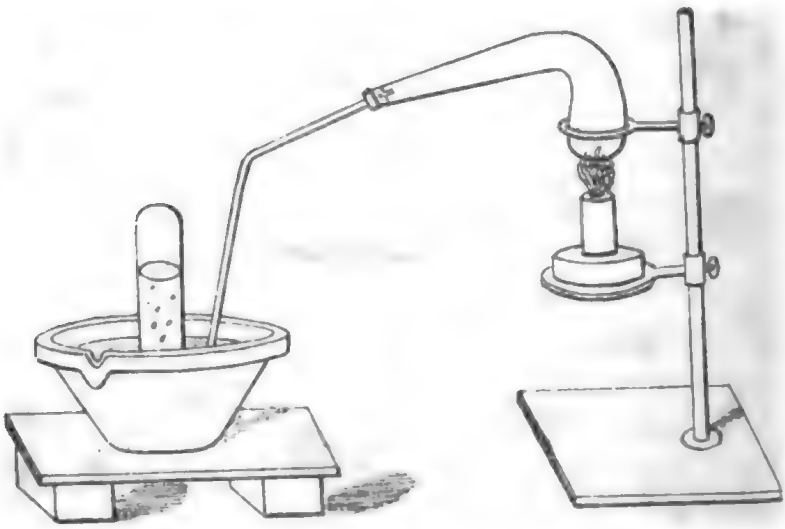
DEI METALLOIDI

Sezione 1.ª

Ossigene – Idrogene – Nitrogene

79. *Sono tre gas permanenti, cioè che finora non sono stati ridotti allo stato liquido. Non hanno nè colore, nè sapore, nè odore, e non si trovano isolati, ma solamente combinati o mescolati fra loro e con altre sostanze semplici.*

L'ossigene O *fra tutte le sostanze semplici è il più*



abbondante nel nostro pianeta. Esso si trova nell'aria, nell'acqua, nella massima parte de' composti inorganici ed

in tutte le sostanze vegetali ed animali ad eccezione di alcuni pochi materiali grassi ed oleosi.

Si ottiene l'O riscaldando in una piccola storta del clorato di potassa, ma in piccola quantità se si usi moderato calore, in gran copia poi si ottiene al calor rosso. Lo sviluppo dell'O dal clorato di potassa vien facilitato di molto se vi si mescoli del biossido di manganese finamente diviso o della sabbia od un poco di limatura di rame o di platino.

Si ottiene anche l'O dal biossido di manganese, ma conviene usare un gran calore ed una storta di ferro o di gres. Si può anche far uso di una storta di vetro e di moderato calore, purchè al biossido si uniscano tre quinti del suo peso di acido solforico concentrato. Al biossido di manganese si può sostituire il bicromato di potassa, facendo reagire su tre parti di esso in peso due di acido solforico.

Con qualunque metodo poi siasi ottenuto l'O, saremo sicuri che è del tutto puro, quando abbia la proprietà di combinarsi senza residuo con un volume di idrogene doppio del suo.

L'O si combina a tutte le sostanze semplici facendo con esse o degli acidi o degli ossidi; è necessario alle ordinarie combustioni ed alla respirazione, ma puro irrita i bronchi ed il polmone, e rende eccedentemente attiva la circolazione del sangue.

Fra le proprietà caratteristiche dell'O è anche da collocarsi il modo ammirabile con che alimenta la combustione. Se in esso s'immerge una candela di recente spenta, subito con lieve scoppio si riaccende, e

vi arde con fiamma assai più viva che nell'aria. In simil guisa un carboncello acceso in un sol punto immerso in un recipiente pieno d' O brucia rapidamente lanciando da ogni parte vivacissime faville. Una sottile spirale di acciaio avente alla sua estremità un pezzetto di esca accesa brucia vivamente nell' O sciogliendosi in palline di ossido infuocate che penetrano nella sostanza stessa del vetro.

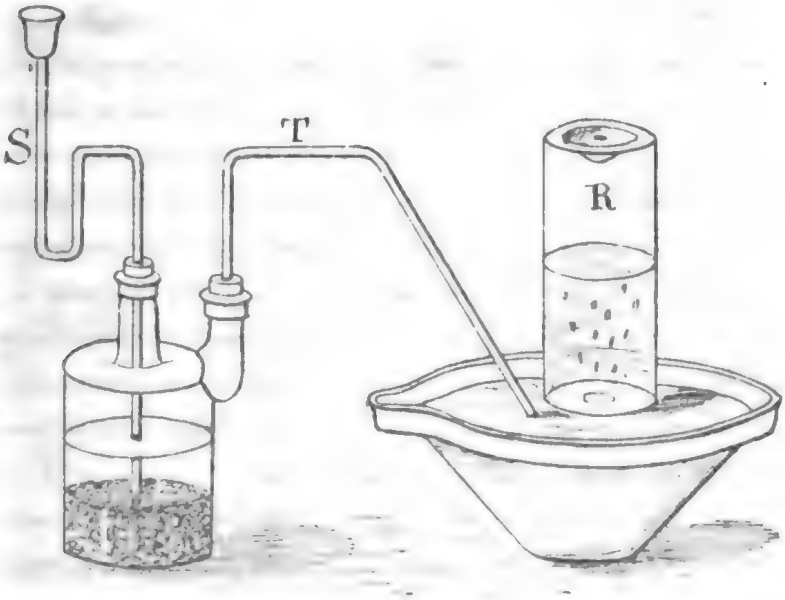
L' O ci offre un bell'esempio di allotropismo (74). Sottomesso questo gas all'azione dell'elettricità acquista delle affinità chimiche che non aveva; cioè decompone energicamente lo ioduro di potassio, si combina coi corpi più restii ad ossidarsi ed ai già ossidati che sono suscettibili di ulteriore ossidazione; esercita sui tessuti vegetali un azione dealbante ed irrita i polmoni assai più dell' O ordinario. L' Ò in questo stato allotropico ha avuto il nome di ozono da un odore parte solforico e parte fosforoso che lo caratterizza.

—

80. L'Idrogene **H** è il più leggero dei corpi ed è circa 14 volte e mezzo più leggero dell'aria. Esiste nell'acqua, in alcuni gaz composti ed in quasi tutte le sostanze vegetali ed animali.

Si estrae dall'acqua mediante l'azione dell'acido solforica sullo zinco o sul ferro. Si fa uso perciò di una bottiglia a due tubulure, in cui sia stata messa dell'acqua e dei piccoli pezzetti di zinco o di ferro. Ad una delle due tubulure si adatta un tubo **T** piegato in maniera che coll'altra sua estremità vada a terminare sotto un recipiente **R** pieno d'acqua e capo-

volto sull'acqua. All'altra tubulura si annesta un tubo S dilatato a foggia d'imbuto per cui si versa l'a-



cido a poco a poco. Questo tubo, che deve pescare un poco nell'acqua della bottiglia, fa anche l'ufficio di tubo di sicurezza ed impedisce l'assorbimento; dacchè se la forza espansiva dell' H contenuto nella bottiglia cresca troppo o troppo diminuisca, nel primo caso una porzione di H uscirà per esso, e nel secondo dell'aria esterna entrerà nella bottiglia prima che possa succedere l'assorbimento dell'acqua in cui va a terminare il tubo T. Ma l' H ottenuto così non è mai puro. Si purifica facendolo passare attraverso due soluzioni una di potassa e l'altra di bicloruro di mercurio se siasi ottenuto mediante il zinco, o solamente per la soluzione di potassa se siasi ottenuto mediante il ferro. Se poi si voglia

il gas perfettamente secco, cioè privo di vapor d'acqua, si dovrà raccogliere sul mercurio e tenere per qualche tempo a contatto del cloruro di calcio fuso o dell'acido solforico concentrato.

L'H è assai infiammabile, ma perchè arda fa d'uopo che sia a contatto dell'aria atmosferica o dell'O. Se s'immerge una candela accesa entro un vaso pieno di H, questa si spegne, e il gas non brucia che alla superficie; ma se all'H sia mista dell'aria, brucia a un tratto tutto il volume con esplosione. Perciò è che accostando un cerino acceso all'orificio onde esce il gas prima che sia stata espulsa tutta l'aria, o dopo che v'è rientrata pel tubo S, l'H mescolato all'O dell'aria spesso produce pericolose detonazioni.

Il bruciare dell'H è un combinarsi coll'O, nella quale combinazione si ottiene l'acqua. Di fatto se sulla fiamma che produce l'H bruciando si collochi una campana di vetro, presto si vedrà scorrere l'acqua giù dalle interne pareti della campana. Che se in un vaso ben forte si chiudano due volumi d'H ed uno d'O, tosto che una scintilla gli accende si vede un lampo, s'ode uno scoppio e i gas svaniscono affatto, restandovi invece dell'acqua, il cui peso è uguale a quello dei gas introdotti nella campana.

Se un getto d'H che esce per una stretta apertura si accenda, la fiammella azzurrognola che produce fa sentire un suono assai distinto, solo che venga circondata da un tubo di vetro bene asciutto. A questo fenomeno si dà il nome di armonica chimica, e dipende da una serie di piccole detonazioni che

rapidamente succedendosi producono quel suono continuo.

Sebbene la fiamma che accompagna la combustione dell' H sia languidissima, pure diventa oltremodo vivace se vi si ponga nell'interno qualche sostanza solida, come una rete di fili di platino, dell' amianto, della creta, della calce. Un cilindretto di calce investito dalla fiamma di un miscuglio d' H ed' O tramanda una luce uguale a quella di 37 lucerne all' Argand e chiamasi la luce di Drummond, ovvero il sole artificiale di Gaudin.

L'infiammazione di un miscuglio d' H e d' O ovvero del solo H a contatto dell' aria non è prodotta soltanto dai corpi incandescenti, ma vi sono delle sostanze specialmente metalliche che colla sola loro presenza, producono anche alla temperatura ordinaria. Sono dotati di tale proprietà il platino, il palladio, il rodio, l'iridio, l'osmio, il nikel &c. Allorchè un getto d' H investe un pezzetto di platino spugnoso (1) questo prima si arroventa, poi accende il getto gasoso che lo percuote. La causa ancora non bene conosciuta di questo e di altri simili fenomeni chimici dicesi azione catalitica o di contatto.

Oltre all'acqua, l' H fa un altra combinazione coll' O, cioè il biossido d'idrogene, che dicesi anche ac-

---

(1). Il platino spugnoso non è altro che platino molto poroso, che si ottiene calcinando il cloroplatinato di cloruro di potassio.

qua ossigenata e che contiene una quantità d' O doppia dell' acqua.

L' H attesa la sua grande affinità per l' O è adoperato dai chimici per ripristinare allo stato metallico diversi ossidi. Attesa poi la sua leggerezza è attissimo a riempire i palloni areostatici. Un volume di 50 metri cubici d' H pesa $4^k,48$; ed un ugual volume d'aria nelle medesime circostanze pesa $64^k,67$. Sedunque l' inviluppo di taffetà inverniciato di un pallone di 50 metri cubi di capacità unitamente alla navicella e agli oggetti che contiene, pesi meno di $60^k,19$, il pallone salirà nell' aria. Anche le bolle di sapone piene d' H ascendono nell'aria sebbene spesso portino alla parte inferiore una goccia d'acqua.

81. Il Nitrogene N costituisce i quattro quinti dell' atmosfera; entra nella composizione di alcuni minerali, di molte sostanze vegetali e nella massima parte delle animali.

Si ottiene il N dall'aria atmosferica togliendo a questa l' O mediante la combustione del fosforo. Ma tolto l' O, resta unito al N dell'acido carbonico, che si toglie colla potassa; e il vapore d'acqua, che toglie si col cloruro di calcio. Si ottiene anche facendo agire a mite calore sulla carne muscolare l'acido nitrico allungato. Ma il miglior metodo per ottenerlo puro ed abbondante consiste nel far passare una corrente d'aria atmosferica, già privata dell' acido carbonico e del vapore d'acqua, attraverso un tubo di porcellana fortemente riscaldato e contenente nel suo

interno della fina tornitura di rame, che ad elevata temperatura ossidandosi, toglie all'aria completamente il suo O.

Il N non ha caratteri positivi che ce lo facciano distinguere facilmente dagli altri gaz. Il suo peso specifico è un poco minore di quello dell'aria; non mantiene la combustione; non è atto alla respirazione, e perciò da molti viene detto azoto, sebbene non abbia qualità deleterie.

Ha coll' O cinque combinazioni; cioè il protossido di nitrogene, il biossido di nitrogene, l'acido nitroso, l'acido iponitrico, e l'acido nitrico; nelle quali le quantità di O che sono unite alla stessa quantità di N sono fra loro come i numeri 1, 2, 3, 4, 5. Il N combinato coll' H genera l'ammoniaca o nitrato triidrico, già conosciuto sotto il nome di alcali volatile.

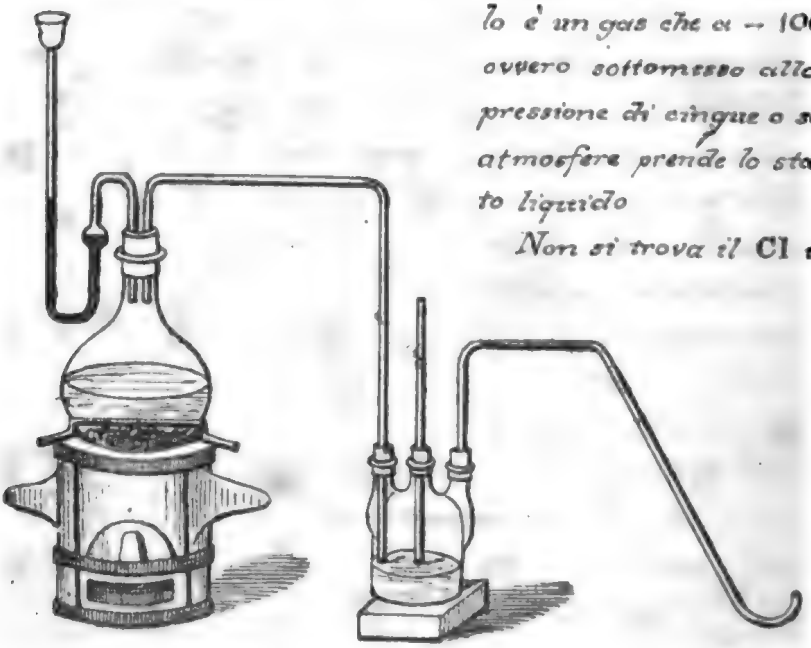
Il N non è artificialmente impiegato se non a fare agire i corpi in un'atmosfera priva di O. Naturalmente però è destinato ad importanti funzioni, specialmente nella nutrizione degli animali, e nel mitigare la troppa energia che eserciterebbe l'O, se l'atmosfera fosse unicamente composta di esso.

Sezione 2.ª

Cloro – Sodio – Bromo e Fluore

82. *Queste quattro sostanze sono molto analoghe per le loro qualità chimiche. Ricusano di combinarsi direttamente all'* **O**; *hanno grande affinità per l'* **H**; *attaccano le sostanze organiche, ed agiscono come veleni sull'economia animale.*

Il **Cloro Cl** *così detto dal suo colore giallo-verdognolo è un gas che a – 100°, ovvero sottomesso alla pressione di cinque o sei atmosfere prende lo stato liquido*



Non si trova il **Cl** *isolato, ma in combinazione coll'* **H**, *con alcuni metalli,*

e specialmente col sodio nel cloruro di sodio o sale co-
mune, da cui si ottiene trattando a moderato calore un
miscuglio di tre parti in peso di cloruro di sodio, due di
biossido di manganese e quattro d'acido solforico dilui
to in altrettanto di acqua. Si ottiene anche riscaldando
sei parti di acido cloroidrico con una parte di biossido
di manganese in polvere.

Il Cl ha un odore sgradevole e caratteristico; disor-
ganizza le sostanze organiche appropriandosi il loro H;
ulimenta fugacemente la combustione di un lume che
vi si immerga; agisce sull'economia animale in poca do-
se eccitando la tosse, in dose maggiore lo spurgo sangui-
gno, un romma al cervello e la morte. Molti metalli an-
che alla temperatura ordinaria si combinano al Cl con
sviluppo di calorico e di luce. Gettando p. e. dell'antimo
nio in polvere in un fiasco pieno di questo gas, si vede
una pioggia di fuoco in mezzo a dense nubi di cloruro
di antimonio che si forma. L'acqua assorbe il Cl a-
vidamente. Un volume di acqua attraversata da una
corrente di Cl può assorbirne un volume triplo del suo,
e così otteniamo l'acqua clorata, detta anche impropria
mente cloro liquido, che ha il colore, l'odore ed un'azio
ne simile al cloro. L'acqua clorata si conserva senza
alterarsi all'oscuro in un vaso ben chiuso, ma sotto
l'influsso della luce solare prontamente si decompone.

Sebbene il Cl non si unisca direttamente all'O, pu-
re si conoscono almeno cinque ben definite combina-
zioni di questi due metalloidi, cioè l'acido ipocloro-
so, l'acido cloroso, l'acido ipoclorico, l'acido clorico, l'a-
cido perclorico, nei quali le quantità di O che sono com

binate alla medesima quantità di Cl sono fra loro come i numeri 1, 3, 4, 5, 7.

Combinandosi il Cl coll' H forma l' acido cloroidrico, e combinandosi al nitrogene il cloruro di nitrogene composto eminentemente esplosivo. Il Cl è molto adoperato come decolorante per l'imbianchimento dei tessuti vegetali e delle vecchie carte, e per togliere le macchie dell'inchiostro comune senza alterare quello di stampa. Come disinfettante è adoperato a purificare l'aria e a distruggere ogni sorta di miasmi organici; ma nei luoghi chiusi ed alterati fa duopo usarlo con molta cautela ed in piccola quantità

83. Lo Iodio I *trae il nome dal colore violetto de' suoi vapori. Alla temperatura ordinaria è solido, per lo più in pagliette o lamine romboidali di colore grigio-turchiccio molto brillanti.*

Puro non si è ancora trovato, ma allo stato di ioduro combinato ad alcuni metalli si trova in molti fuchi, ulve ed altre piante marine; nelle spugne ed in varî molluschi e testacei; nelle acque del mare, in molte acque minerali e termali, ed anche nella maggior parte delle acque dolci ed in alcuni minerali. Si ottiene dalle ceneri delle piante marine specialmente da quelle denominate varech, *prima separando per mezzo di reiterate cristallizzazioni i sali che costituiscono la maggior parte di quelle ceneri dai ioduri metallici che contengono, e poi trattando questi col biossido di manganese e coll' acido solforico allungato.*

Lo I a 107° si trasforma in un liquido di colore bru

na ed a 180° entra in completa ebollizione. A temperatura un poco elevata e molto prima di passare allo stato liquido si sublima sensibilmente, ed i suoi vapori hanno relativamente all'aria atmosferica la densità 8,81. Lo I non disorganizza come il Cl le sostanze organiche ma con alcune di esse si combina neutralizzandone in parte le proprietà. Sull'economia animale agisce come veleno irritante anche allo stato di vapore, ed alla dose di circa mezzo grammo cagiona la morte. La solubilità dello I nell'acqua è piccolissima, ma si scioglie bene nell'alcool e nell'etere. L'amido è il miglior mezzo per riconoscere la presenza dello I in un corpo, la più piccola quantità di I basta a comunicare un bel colore azzurro ad una soluzione di amido.

Come il Cl così lo I forma coll'O diverse combinazioni; coll'H fa l'acido iodoidrico, e col N lo ioduro di nitrogene, che scoppia terribilmente anche pel solo contatto dell'aria.

Lo I è usato in medicina, nell'arte tintoria e nella fotografia

==

84. *Il* Bromo **Br** *è l'unico fra i metalloidi che alla temperatura ordinaria sia liquido. Il suo colore è rosso-bruno o rosso-giacinto secondo la maggiore o minore spessezza dello strato che forma.*

Si trova il **Br** *in varî animali e vegetali marini; in alcune sorgenti di acqua salata ed anche in qualche minerale. Dalle acque madri delle saline si ottiene il bromuro di sodio, da cui poi si estrae il* **Br** *nella stessa maniera che il* **Cl** *dal cloruro di sodio. Il* **Br** *ha avuto*

il nome dall' odore nauseoso che esala ; macchia in giallo la pelle ; distrugge i colori di molti vegetali e l'inchiostro comune, ed agisce come veleno sugli animali. Alla temperatura — 22° si solidifica e prende il colore del piombo. Bolle ai 63° ed anche alla temperatura ordinaria spande de' vapori rosso-ranciati. E' poco solubile nell' acqua, assai più nell'alcool e nell'etere, ma la luce altera queste soluzioni. La presenza del Br come quella dello I è manifestato dall'amido con cui forma un precipitato di un bel colore giallo-aranciato.

Le affinità del Br sono intermedie fra quelle del Cl e dello I. L'acido iodoidrico è decomposto dal Br ed il bromoidrico dal Cl che gli toglie l'H.

Il Br non ha altri usi che quello di essere impiegato alla preparazione di alcuni bromuri metallici.

---

85. Allorchè si versa dell'acido solforico allungato sul minerale chiamato volgarmente spatofluore e si scalda dolcemente il miscuglio, si ottiene del solfato di calce ed un gas acido che rassomiglia molto all'acido cloroidrico, ma di cui ancora non si sono isolati i componenti, almeno in maniera da poter esser sottomessi ad accurate indagini. Se però si osservi che l'acido solforico anidro non agisce sullo spatofluore neppure al calor rosso, come dovrebbe succedere se lo spatofluore contenesse il calcio combinato all' O, ossia la calce ; ed inoltre che il capomorto o residuo dell'operazione con che si ottiene il gas acido è puro solfato di calce, se ne potrà inferire che questo gas è composto di solo H e di ciò che è unito al calcio nello spatofluo-

re. Questo corpo che unito al calcio fa lo spato fluore ha avuto il nome di fluore **F**, e però lo spatofluore deve dirsi fluoruro di calcio, e l'acido che da esso si ottiene acido fluoridrico.

L'acido fluoridrico è un gas incoloro che spande all'aria de' vapori tanto più densi quanto più essa è umida. E' dotato di odore penetrante; esercitâ un'azione corrosiva sulle sostanze organiche ed attacca tutti i metalli ad eccezione del piombo, platino, argento ed oro. Questi metalli poi che non sono attaccati dall'acido fluoridrico puro, lo sono anch'essi se all'acido fluoridrico si unisca un poco d'acido nitrico.

La solubilità dell'acido fluoridrico nell'acqua è grandissima. L'acqua satura di questo gas ha le stesse proprietà dell'acido gassoso e si conserva bene in vasi chiusi di piombo o di guttaperca.

La proprietà caratteristica dell'acido fluoridrico è quella di attaccare fortemente il vetro e corroderlo per l'azione che esercita sulla sua silice. Su ciò è fondato il metodo di scoprire la presenza del fluore nei minerali e nelle acque. Basta infatti mescolare in una capsula d'argento o di piombo i residui secchi di queste ed una piccola porzioncella di quelli con l'acido solforico allungato e mentre si scalda il miscuglio tenervi sopra una lastra di vetro, sulla quale appariranno presto le tracce di corrosione se la sostanza sottoposta all'esame contiene il **F**. In questa maniera si è trovato che il **F** esiste nel topazio ed in altri minerali; nelle ossa di alcuni animali, e nelle acque di qualche sorgente.

L'acido fluoridrico è adoperato in chimica per separare la silice da altre basi e per isciogliere alcuni composti metallici. Nelle arti poi è adoperato per incidere sul vetro e per offuscarlo. Ma conviene guardarsi non solo dall' inspirare i suoi vaperi, ma anche dal semplice suo contatto, che produce piaghe ed infiammazioni pericolose.

Sezione 3.ª

Fosforo-Arsenico-Solfo-Selenio e Tellurio

86. *Sono sostanze solide alla temperatura ordinaria, ma passano facilmente allo stato liquido ed aereo. Si combinano all' O dell' aria atmosferica con sviluppo di calorico e di luce formando degli acidi*

Il Fosforo **Ph** *è trasluc*ido, *senza colore o volgente un poco al giallo e di un odore piccante che lo caratterizza. Molle nell'estate e flessibile, diventa duro e fragile nel verno. Si fonde circa ai 44° ed ai 290° va in ebollizione, trasformandosi in un gas incoloro, che ha il peso specifico di 4,326. Non cristallizza per fusione, ma per soluzione prende una delle forme del primo sistema che suol essere il* dodecaedro romboidale.

Puro il **Ph** *non si trova in natura: entra però nella composizione di molti corpi specialmente organici. Si trova nella midolla cerebrale e nei nervi della maggior parte degli animali. Combinato all' O e alla calce forma de' grossi strati in alcune montagne, ed in questo stato medesimo abbonda nelle ossa degli animali. Si estrae dalle ceneri delle ossa che sono un miscuglio di* $\frac{4}{5}$ *di* fosfato di calce *e di* $\frac{1}{5}$ *di* carbonato di cal

ce. Questi due sali si separano per mezzo dell'acido solforico, che toglie anche una porzione di calce al fosfato e lo trasforma in sale acido. Il fosfato acido di calce introdotto in una storta di terra unitamente ad un poco di carbone e sottomesso a forte calore si decompone e dà il Ph.

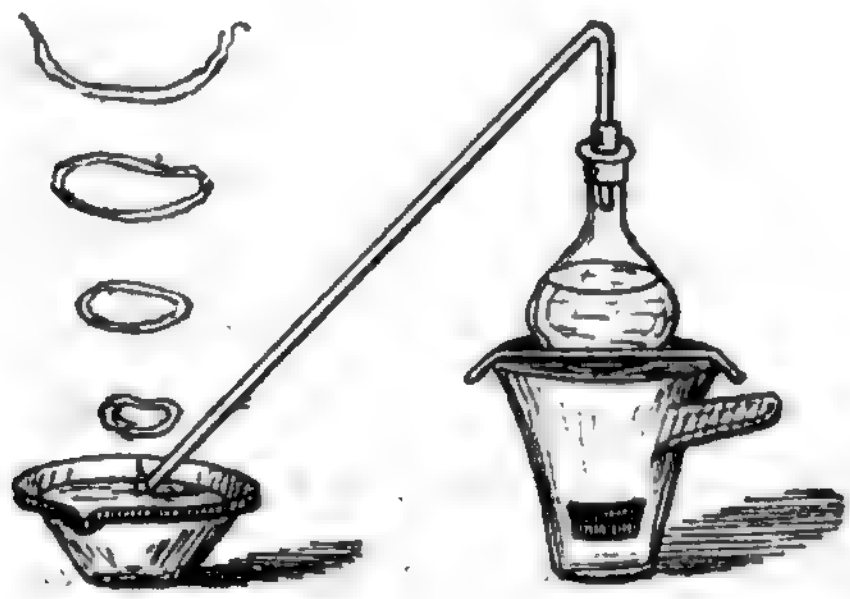
Il Ph non è solubile nell'acqua, lo è un poco nell'alcool e nell'etere; ma il suo migliore solvente è il solfuro di carbonio.

Ha il Ph grandissima affinità per l'O. Esposto all'aria si vede cinto di un denso vapore che nell'oscurità comparisce luminoso. Questo vapore è acido fosforoso prodotto dalla lenta combustione del Ph a contatto dell'aria. Perciò il Ph va conservato in vaso ben chiuso e sotto l'acqua privata di aria per mezzo dell'ebollizione. La lenta combinazione del Ph coll'O non succede in un'atmosfera di puro O a temperatura inferiore ai 20°, a meno che l'O non sia estremamente rarefatto: la causa di questo fenomeno pare affatto sconosciuta. Ma se il Ph non si combina al puro O sotto ai 20°, scaldato fino ai 60° lo assorbe e solidifica a un tratto dando luogo ad una magnifica e vivissima combustione. Il prodotto della rapida combustione del Ph sia nel puro O sia nell'aria comune è sempre l'acido fosforico.

Se il Ph si tenga lungamente esposto ad una temperatura compresa fra 230° e 250° in un'atmosfera su cui non abbia azione chimica, prende il color rosso e proprietà totalmente diverse da quelle che aveva. Il Ph rosso o come si dice anche amorfo ha

peso specifico maggiore del Ph ordinario, non ha odore, non cristallizza, non è solubile nel solfuro di carbonio, non si fonde che sopra i 250°, non si altera all'aria, non brucia se non riscaldato oltre i 200°, ricusa di combinarsi al solfo a cui facilmente si combina il Ph ordinario, e non ha le qualità venefiche di questo. Tanta diversità di caratteri fisici e chimici che ci offre il Ph diversamente modificato è il più mirabile esempio di allotropismo che si conosca.

Allorchè il Ph s'incontra coll'H allo stato nascente si combina con esso in diverse proporzioni. Fra queste la più curiosa è il gas fosfuro triidrico, il quale se contenga anche piccolissima dose di fosfuro biidrico gode della singolare proprietà d'infiammarsi spontaneamente tosto che viene a contatto dell'aria



atmosferica. Si ottiene questo fosfuro gasoso spontaneamente infiammabile mescolando una parte di Ph sottilmente diviso a 10 di calce ridotta in molle pasta per mezzo dell'acqua. Il miscuglio s'introduce in una piccola caraffina che si termina di riempire con calce

spenta e gradatamente si scalda. Se all'orificio della curassina si ammetta un tubo che vada a terminare nell'acqua, ciascuna bolla di gas che uscirà da questa s'infiammerà producendo una bianca corona di acido fosforico misto a vapor d'acqua. E'assai verosimile che questo gas si generi naturalmente ove sono materie animali in putrefazione e formi i così detti fuochi fatui de' cimiteri e le fiammelle che in alcune malattie escono talora dalla bocca di qualche individuo.

Il Ph è usato in alcune analisi di gas, in medicina e nella fabbricazione de' solfanelli fosforici. Nel maneggiarlo fa duopo molta cautela, perchè il calore della mano con un poco di attrito può bastare ad infiammarlo, e le scottature da esso prodotte sono pericolose a motivo dell'azione corrosiva dell'acido fosforico.

---

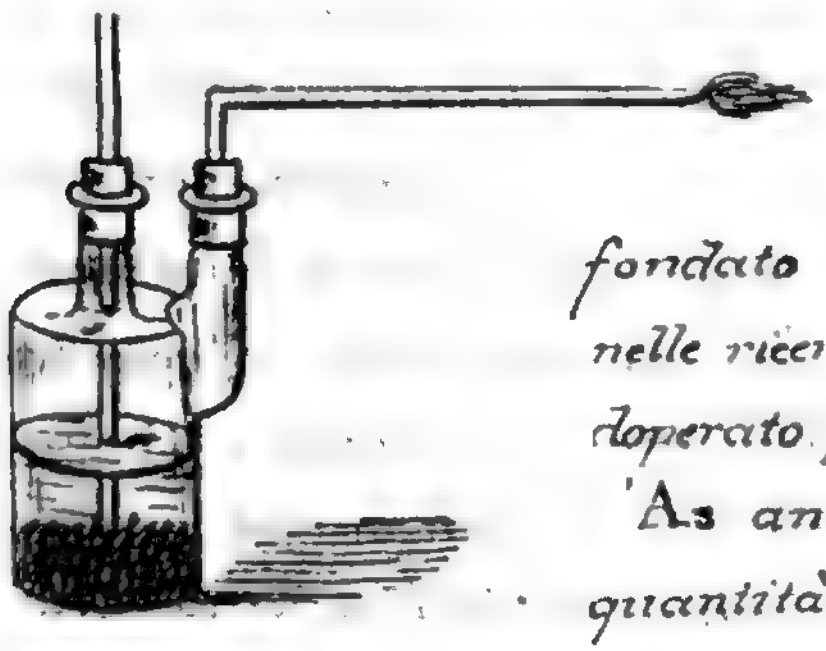
87. L'Arsenico **As** ha colore grigio di acciaio assai brillante che all'aria si appanna, è fragilissimo, e scaldato fino al calor rosso prende lo stato aereo prima di fondersi. Per ottenerlo fuso, fa duopo scaldarlo sotto una forte pressione, che si opponga al suo passaggio allo stato aereo. Il vapore d'**As** ha un vapore aghiaceo caratteristico, da lui si trae il più sicuro criterio per iscoprirne la presenza anche a piccolissima dose in qualsivoglia composto.

L'**As** si trova nativo e più spesso unito all'**O** ed alla calce, al ferro, all'antimonio, all'argento e sopratutto al solfo ed al cobalto. Nel è appunto dei solfuri ed arseniuri di cobalto che si estrae l'acido arsenioso, il quale in commercio viene sotto il nome di arsenico,

ma che non si dee confondere col metalloide di cui parlia mo, e che si ottiene decomponendo l'acido arsenioso.

L'As brucia all'aria e il prodotto della sua combustione è parimenti l'acido arsenioso. Questo acido preparato di fresco è in masse vitree incolore, ma presto divengono lattee e simili alla porcellana. Quindi sono venute le denominazioni di acido vetroso ed acido porcellanico, che sono due stati isomerici dello stesso acido arsenioso. I vapori dell'acido arsenioso non esalano l'odore del metalloide se non sieno decomposti; perciò è che questo acido gettato sui carboni ardenti esala l'odore agliaceo e non l'esala gettato sopra una lamina di rame incandescente: nel primo caso l'acido è decomposto, ma non nel secondo, a meno che l'aria non contenga delle sostanze organiche le quali sono atte a togliergli l' O.

L'As si può combinare a maggiore dose di O ed allora forma l'acido arsenico od arsenicico. Incontrandosi coll' H allo stato nascente produce il gas arseniuro d'idrogene, che è il più deleterio fra tutti i composti dell' As. L'arseniuro d' idrogene brucia con fiamma livida che lascia sui corpi che la toccano delle macchie di puro As. Su questa proprietà dell'arseniuro d'idrogeno è fondato l'apparato di Marsh, che nelle ricerche di medicina legale è adoperato per iscoprire l'esistenza dell'As anche sotto menomissime quantità. Chiamasi apparato di



Marsh un vaso a due tubulure, in cui s'introducono le sostanze sospette di contenere l'As, unitamente ai materiali necessarî per lo sviluppo del puro idrogene. Alla fiamma prodotta dalla combustione del gas che esce pel tub abduttore si presenta una capsula od altro oggetto di porcellana, che copresi di macchie nere, se le sostanze introdotte nel vaso contenevano l'As.

Forma anche l'As de' composti con molti metalli ed è cosa rimarchevole, che la più piccola quantità d'As basta a renderli fragili se erano duttili, e più fragili se già lo erano; più fusibili e spesso anche più bianchi.

L'As puro non ha alcun uso e per se medesimo non è velenoso. Le sue combinazioni coll' O e col solfo sono usate nella medicina, nella pittura, nella pirotecnica, nell'arte vetraria ed anche per uccidere gl'insetti ed altri animali nocivi. Ma i composti dell' As sono tutti molto venefici, e l'acido arsenico anche più dell' arsenioso

---

88. Il solfo S è duro, friabile, semidiafano di colore giallo o giallo-verdigno. Stropicciato prende un poco di odore e sapore; stretto fra le mani decrepita, si rompe e la frattura è lucente. Si fonde a 111° e dà un liquido giallo perfettamente fluido; ma scaldato fino ai 160° torna di nuovo ad ispessirsi e passa dal color giallo al bruno: elevandosi maggiormente la temperatura riacquista la sua fluidità ma ritiene il color bruno; finalmente presso i 400° va in ebollizione e si converte in un vapore giallognolo. La singolare proprietà che ha il S di perdere la sua fluidità a temperatura

superiore a quella in cui è divenuto liquido è un fenomeno che finora non si è saputo spiegare. Allorchè il S è stato scaldato sopra i 200° se si versi nell'acqua fredda si ottiene una massa bruna, spugnosa, duttile ed elastica, che si mantiene così per qualche giorno e poi riprende le qualità ordinarie tranne il colore che resta bruno. E' questa una modificazione allotropica del S. Un altra modificazione allotropica del S è stata recentemente scoperta da M. Berthelot, nella quale il S non è né solubile né cristallizzabile (1).

Il S si trova nativo per lo più in masse amorfe ma talora anche cristallizzato. Si trova pure combinato ad altre sostanze semplici in moltissimi minerali, nel gesso o solfato di calce, nelle acque che diconsi epatiche o sulfuree, nei semi di alcune piante, nei capelli, nella lana, nelle uova &c.

L'acqua non scioglie affatto il S, pochissimo l'alcool; assai bene lo sciolgono gli olî ed il solfuro di carbonio. La soluzione di S evaporando produce de' cristalli incompatibili con quelli che prende il S per via di fusione; perciò si colloca il S fra le sostanze dimorfe (54.)

Alcuni metalli bruciano nel S allo stato di vapore come nell' O; anzi alcuni metalli che non bruciano nel l' O come il rame e l'argento bruciano vivamente in questo vapore combinandosi con esso e formando de' sol

---

(1) Comptes rendus de l'Accademia des Sciences T. XLIV.

furi.

Allorchè il S brucia nell'aria o nell' O il prodotto della combustione è l'acido solforoso che sviluppasi anche naturalmente nei contorni dei vulcani ed in altre località. E' un gas di odore soffocante che irrita i polmoni e provoca le lacrime. Alla temperatura $-10°$ prende lo stato liquido sotto la pressione ordinaria dell'atmosfera, ed a $+15°$ sotto la pressione di due atmosfere. L'acido solforoso liquido evaporando produce un freddo di $-50°$ o $-60°$. Questo gas ha pure la proprietà di distruggere la materia colorante di molte sostanze, ed è però adoperato all'imbianchimento della seta e della lana, le quali non possono essere imbiancate col Cl che le attacca profondamente. Oltre all'acido solforoso presentemente si conoscono altre sei combinazioni acide del S coll' O, e tra queste la più interessante è l'acido solforico, di cui parleremo in appresso.

Coll' H il S forma l'acido solfoidrico ed il bisolfuro d'idrogeno; coll' As genera il bisolfuro e il trisolfuro, che nel commercio si appellano quello realgar e questo orpimento.

Il solo contatto di due parti di Ph ed una di S basta perchè questi due corpi si combinino anche con esplosione. Il prodotto di questa combinazione sono gli acidi solforoso e fosforico.

---

89. Il Selenio Se è fragile, lucente e del colore del piombo, ma ridotto in fina polvere prende il colore rosso. Verso i $200°$ si trasforma in un liquido bruno-cupo, che non cristallizza per raffreddamento; ed

ai 700° circa passa allo stato aereo ed il suo vapore è giallo carico. Si trova il Se unito al rame, all'argento, al mercurio, al cobalto ed al piombo.

Scaldato all'aria il Se brucia con fiamma cerulea e salando un odore nauseoso. Il prodotto di questa combustione è l'acido selenioso unitamente ad un poco d'ossido di selenio a cui unicamente è dovuto l'odore fetido che si sente.

L'acido selenioso è solubile nell'acqua, e decomposto ha offerta una modificazione allotropica del Se, insolubile nel solfuro di carbonio, in cui si scioglie il Se ordinario(1)

Forma coll'O anche l'acido selenico, e coll'H il gas acido selenidrico, che si crede essere il più deleterio de' composti inorganici.

---

90. Il Tellurio **Te** è di un bianco argentino e fragilissimo. Si fonde al calor rosso e lentamente raffreddato cristallizza in lamine romboidali molto brillanti. A più elevata temperatura prende lo stato aereo. Questo metalloide è molto raro; si trova unito all'oro, all'argento, al ferro, al bismut, e, come il Se è senza usi.

Fortemente scaldato a contatto dell'aria il **Te** si combina all'O con sviluppo di fiamma accompagnata da un denso vapore che tramanda un odore difficile a definirsi. Questo vapore si condensa in una polvere bianca che è l'acido telluroso.

---

(1) Comptes rendus - T. XLIV.

Combinandosi il Te a dose maggiore di O produce l'acido tellurico, e combinandosi coll' H il gas acido telluridrico di odore analogo al solfoidrico ma di esso più deleterio.

Sezione 4.ª

Carbonio-Boro-Silicio

91. Anche queste tre sostanze sono solide e combinandosi all' O dell'aria bruciano formando degli acidi; ma resistono ostinatamente alla mutazione di stato

Il Carbonio C ci si offre sotto tre aspetti molto diversi fra loro, cioè:

1°. Puro sotto forme cristalline appartenenti al sistema regolare, diafano, durissimo, per lo più incoloro, ma qualche volta tinto di colore giallo, bruno, rosso, celeste o verdognolo, ed in questo stato dicesi diamante (1).

---

(1). L'identità del diamante col C ci è dimostrata dai quattro fatti seguenti.

1° La stessa quantità di acido carbonico si ottiene bruciando nell' O un diamante od un egual peso di carbone ben purificato.

2°. La limatura di ferro esposta ad un fuoco violento si converte in ottimo acciaio, sia che venga mista ad una certa quantità di carbone ben purificato e polverizzato, sia che venga mista

2°. Puro qualche volta, ma d'ordinario mescolato col un poco di ferro sotto masse tenere, opache, del colore del piombo, per lo più amorfe e talora cristallizzate, ed in questo stato si chiama grafite, piombaggine, o miniera di lapis (1).

3°. In miscuglio con sostanze eterogenee sotto masse nere, opache, fragili, amorfe, che volgarmente dicon si carbone, e in questo stato ci viene dalla natura abbondantemente offerto nell'antracite, nel carbon fossile, nelle torbe e nelle ligniti che formano degl'immensi depositi in quasi tutte le parti della terra.

Da ciò apparisce che ad eccezione del diamante, e in qualche raro caso della grafite, il puro carbonio non si trova, ma si può artificialmente ottenere distillando a secco quelle sostanze vegetali, che bruciando non

---

alla stessa quantità di polvere di diamante.

3°. Il prodotto della combustione del diamante per mezzo del potassio si trasforma in puro C.

4°. Il diamante collocato fra i due poli di un forte elettrometro si carbonizza.

(1). Sebbene i diamanti di sufficiente grandezza non si sieno ancora ottenuti dall'arte; pure M. Despretz è pervenuto mediante la corrente elettrica ad ottenere una polvere che osservata al microscopio ed esaminata dai gioiellieri ha presentato tutte le apparenze di piccoli frammenti di diamante. Quanto poi alla grafite, questa facilmente si ottiene ponendo un eccesso di carbone a contatto del ferro fuso; poichè una parte del carbone vi si scioglie, e col raffreddamento si separa in larghe squamme cristalline di grafite.

lasciano cenere, come la fecola, il zucchero candito &c. Del resto il puro carbonio, se non è allo stato di diamante non ha alcun uso, mentre il carbone più o meno sbarazzato dalle sostanze eterogenee ne ha molti ed importanti.

Il carbone è infusibile al fuoco più intenso delle fornaci ed insolubile in tutti i liquidi; ciònonostante collocato fra i poli di un potente elettromotore dà qualche segno di rammollimento e sublima sensibilmente.

Il carbone immerso nei fluidi aerei li assorbe prontamente condensandone ne' suoi pori un volume assai maggiore del suo. Questo potere assorbente del carbone è vario nelle diverse specie di carbone e cresce colla porosità. Un gran potere assorbente ha il carbone di legno e grandissimo il carbone o nero animale, che si ottiene colla distillazione o incompleta combustione delle ossa e di altre sostanze animali. Il maggiore o minore assorbimento dipende anche dalla natura dei fluidi aerei: così il carbone di busso che sotto la pressione ordinaria dell' atmosfera assorbe un volume di gas ammoniaco 90 volte maggiore al suo, non ne assorbe che 7,5 di nitrogene. Il potere assorbente del carbone si estende anche ai liquidi ed alle materie coloranti che tengono sciolte. Su queste proprietà del carbone è fondato l'uso continuo che se ne fa come decolorante e disinfettante. Esso infatti toglie le materie coloranti dell'indaco, della cocciniglia, del tornasole, del vino, dello zucchero &c. Esso vale a rendere potabili le acque limacciose e fetenti, fa perdere il cattivo odore alle carni ed altre sostanze che hanno subito un principio di putrefazione; impedisce il corrompersi delle sostanze organi-

che, che però si carbonizza l'interno delle botti, e quella parte di legname che deve stare lungo tempo sotto terra.

Grandissima è l'affinità che il C ha verso l'O, con cui si combina ad elevata temperatura con sviluppo di calorico e di luce. Il prodotto di questa combustione per lo più è l'acido carbonico; solamente quando il C non trova sufficiente dose di O si ha per prodotto l'ossido di carbonio. L'odore spiacevole che si sente nei primi momenti della combustione del carbone sono dovuti all'ossido che si forma. Questo gas, che brucia con fiamma blù trasformandosi in acido carbonico, anche sotto le più piccole dosi esercita un'azione sommamente deleteria sugli animali. Si è sperimentato che $\frac{1}{100}$ soltanto di questo gas rende l'aria quasi immediatamente mortifera agli animali a sangue caldo Nell'arte metallurgica quasi tutti i metalli sono revivificati dai loro ossidi per mezzo del carbone. Anche il vapor d'acqua costretto ad attraversare il carbon fossile rovente si decompone, ed in questo modo si somministra in alcune fornaci un grande alimento alla combustione.

Il C forma coll'H molti composti tutti di origine organica. Due di questi sono gassosi alla temperatura ordinaria, cioè il protocarburo d'idrogeno, che svolgesi naturalmente dalla terra in diverse località e dal fondo fangoso delle acque stagnanti; ed il bicarburo d'idrogeno che è il principale agente dell'illuminazione a gas.

Se attraverso del carbone scaldato a rosso in un tubo di porcellana si faccia passare una corrente di vapore di zolfo, si ottiene un liquido incoloro, di odore pene

trante e che svapora celeremente. Questo liquido e' il solfuro di carbonio, che scioglie il solfo, il fosforo e trasforma gli ossidi metallici in solfuri.

92. *Il* Boro Bo *e una polvere bruna, insipida, inodora, insolubile nell'acqua, che stropicciata sulla carta vi lascia una macchia verdastra, e non si fonde al fuoco delle fornaci, ma sibbene fra i poli di un energico elettromotore. Esiste il* Bo *in alcuni minerali, specialmente nel* borace o borato di soda, *e combinato all'* O *allo stato di* acido borico *si trova nelle acque dei* lagoni *delle maremme toscane. Si ottiene il* Bo *dall'acido borico per mezzo del potassio, che ad elevata temperatura trasforma l'acido borico in borato di potassa e puro* Bo.

Al calor rosso il Bo *si combina all'* O *con sviluppo di calorico e di luce producendo l'acido borico, ma la combustione non è mai completa a motivo che l'acido borico vetrificandosi protegge le parti interne.*

Il Bo *è senza usi, e fra i suoi composti di primo ordine non ha interesse che l'acido borico. Questo acido ha la proprietà di sciogliere gli ossidi metallici e di evaporare completamente ad elevata temperatura, epperò è adoperato di continuo come fondente nelle analisi chimiche e nelle arti. Per mezzo di questo acido si sono potute artificialmente comporre alcune pietre preziose come lo* spinello, *il* rubino &c.

93. *Il* Silicio Si *è uno degli elementi che più abbondano sulla superficie del nostro globo. Combinato al-*

l'O allo stato di acido silicico o silice costituisce il quarzo ialino, che unito a pochi centesimi di sostanze estranee forma estesi banchi pietrosi detti gres, l'ametisto, la calcedonia, la cornalina, la pietra focaia, il tripolo, la sabbia &c. Mista poi o combinata a maggiori dosi di altre sostanze forma tutte le pietre dure, il granito, il porfido, ed il terreno vegetale. Dalla silice si può estrarre il silicio per mezzo del potassio, come il Bo dall'acido borico; ma è difficile ottenerlo puro per questa via, e si suole perciò ricorrere ad altri metodi più complicati.

Il Si è una polvere di color bruno che fortemente si attacca agli oggetti che la toccano, e scaldata a contatto dell'aria, brucia trasformandosi in silice.

Il Si esposto in vaso chiuso al calor rosso non si fonde, ma si ristringe, acquista un colore più intenso, ed in questo stato o modificazione allotropica non si combina più all'O, né brucia a contatto dell'aria.

La silice è il più interessante composto del Si. Questo binario di primo ordine è capace di due stati isomerici; dacché ottenuto artificialmente è una polvere bianca e molle al tatto; laddove il quarzo in polvere è opalino ed aspro al tatto. Nessun acido ad eccezione del fluoridrico ha azione sulla silice, ma quasi tutte le basi salificabili ci si uniscono, formando la numerosa classe de' silicati naturali ed artificiali.

DEI METALLI

Classe 1.ª

Potassio — Bario
Sodio — Strontio
Litio — Calcio

94. *Questi metalli anche alla temperatura ordinaria si combinano rapidamente all'* O *dell'aria, e decompongono l'acqua a tutte le temperature con abbondante sviluppo d'* H.

Il Potassio K *è sparso abbondantemente sulla nostra Terra. Si trova in molti corpi organizzati, e specialmente nel sugo delle piante che vegetano lungi dal mare, in una gran parte dei minerali che costituiscono le rocce cristalline e nel terreno vegetale. Il* K *fu ottenuto la prima volta nel 1807 da Davy, che avendo sottomesso ad una forte corrente elettrica l'idrato di potassa, si accorse che la potassa risultava di* O *e di una sostanza metallica che fu detta* potassio. *Più tardi si scoprì che il potassio si poteva estrarre dall'idrato di potassa con mezzi puramente chimici, cioè col ferro o col carbone. Presentemente il* K *si ottiene dalla decomposizione del carbonato di potassa per il carbone ad*

altissima temperatura. Si espone cioè al calore rosso in fondo ad una storta di ferro una mescolanza intima di carbonato di potassa e di carbone estremamente diviso: il potassio si volatizza e si raccoglie in un recipiente pieno d'olio di nafta.

Il K è di un bel colore bianco argentino E' solido e fragile a 0°, molle e duttile a 15°, semiliquido a 40°, liquido e simile al mercurio a 55°. Esposto all'aria prestamente si trasforma in potassa o protossido di potassio, e se la temperatura sia superiore ai 50° vi brucia con fiamma violacea. Per questo motivo il K si conserva nell'olio di nafta, che è un composto organico di solo H e C.

Il K immerso nell'acqua si decompone all'istante per assorbirne l'O: divenuta per ciò candente, la porzione di esso che sta fuori dell'acqua mette in combustione l'H dell'acqua scomposta, ed esso stesso ridotto in parte in vapore ne colora in rosso violaceo la fiamma; verificandosi per tal modo ambedue le parti dell'assurdo ovidiano

Unda dabit flammas et dabit ignis aquas.

Il K è adoperato dai chimici per la riduzione di alcuni ossidi che resistano all'azione disossidante del carbone, e così ottengono il Boro il Silicio &c. E' stato anche adoperato per incendiare sott'acqua la polvere da cannone.

I sali di K (lo stesso dicesi di tutti gli altri sali alcalini) non danno precipitato alcuno colle soluzioni

de' carbonati alcalini e per questa proprietà si distinguono i sali di K dai sali di metalli non alcalini. Si distinguono poi i sali di K dagli altri sali alcalini per la proprietà che essi hanno di formare coll'acido tartrico un bitartrato di potassa pochissimo solubile nell'acqua e col solfato d'allumina un solfato doppio di allumina e di potassa che facilmente cristallizza in ottaedri

—

95. Anche il Sodio **Na** abbonda sul nostro globo, e si trova in tutti i tre regni della natura, ma specialmente nei sughi delle piante marine, nelle acque salate ed in molti minerali. La prima volta si ottenne da Davy dall'idrato di soda per mezzo delle correnti elettriche, al presente si ottiene come il **K** per mezzo del ferro o del carbonio; anzi se si faccia uso di un intimo miscuglio di carbone e carbonato di soda la preparazione del **Na** riesce più facile di quelle del **K**, perchè il **Na** distilla a meno elevata temperatura del **K**.

Il **Na** è molto simile al **K** ma meno brillante. Verso i 60° è molle come la cera, ed ai 90° prende lo stato liquido. La sua affinità per l'**O** sebbene minore di quella del **K** è però forte a segno da togliere l'**O** alla più parte de' corpi ossidati. Esposto all'aria si ossida prontamente, onde bisogna conservarlo nell'olio di nafta come il **K**; ma non brucia se non sia scaldato al rosso. Gettato nell'acqua la decompone, ma se questa sia molta, l'**H** non brucia per il dispendimento di calorico che soffre il **Na** aggirandosi sulla superficie dell'acqua. L'infiammazione del

si ottiene quando l'acqua è poca, ovvero quando si impedisce il movimento del **Na** facendolo aderire alle pareti del vaso, o anche aumentandovi la densità dell'acqua collo scioglievi della gomma o dell'amido.

I sali di **Na** colorano in giallo la fiamma dell'alcool e degli altri combustibili, e tutti sono dall'acido solforico trasformati in **solfato di soda**, che facilmente si riconosce alla forma prismatica a sommità diedre ed alla grande efflorescenza de' suoi cristalli.

---

96. *Il* **Litio Li** *è rarissimo, perchè molto rara è la* **litina** *od ossido di litio, da cui si ottiene. La litina infatti non si è finora trovata che in dose di qualche centesimo in alcuni minerali ed in poche sorgenti di acque minerali. La litina fu scoperta dallo svedese Arfwedson nel minerale detto* **petalite**, *e dalla litina Davy estrasse il* **Li** *per mezzo delle correnti elettriche.*

Le proprietà del **Li** *non sono ben conosciute. si sa però che è molto simile al* **K** *e al* **Na**, *e che anch'esso decompone l'acqua al pari di quelli alla temperatura ordinaria.*

I sali di litina come gli altri sali alcalini, si distinguono dai sali de' metalli non alcalini per la proprietà che hanno di non formare un precipitato colle soluzioni di carbonati alcalini; ma fa d'uopo che le soluzioni de' sali di litina sieno molto diluite, perchè se sono concentrate si può avere un

precipitato attesa la poca solubilità del carbonato di litina che si forma. I sali di litina sono poi caratterizzati dal precipitato che danno coll' acido fosforico e coi fosfati alcalini.

97. Da quel minerale conosciuto sotto il nome di spato pesante, che si trova in filoni a Monte Paterno presso Bologna ed in altri luoghi, Scheele nel 1774 ottenne la terra che fu chiamata barite da βάρος (pesante), e che Davy decompose colla pila in O e nel metallo chiamato Bario Ba. Presentemente si ottiene il Ba facendo attraversare la barite da una corrente di vapore di potassio, che disossidando la barite, mette il Ba in libertà.

Il Ba è bianco, brillante, molto duttile e fusibile, ma non prende lo stato aereo che ad altissime temperature. A contatto dell'aria o dell'acqua prestamente si trasforma in barite.

I sali di barite si distinguono per il precipitato bianco di solfato di barite che vi determinano l'acido solforico e le soluzioni dei solfati. Questo precipitato è caratteristico perchè affatto insolubile nell'acqua, e in tutti gli acidi, eccettuato il solforico. Tutti i sali di barite hanno anche la proprietà di conciliare una tinta gialla alla fiamma dell'alcool, e di altri combustibili coi quali sono mescolati.

98. Come dalla barite il Ba, così dalla strontiana fu tratto per opera di Davy lo Strontio Sr, che in tutte le sue proprietà è simile al Ba. La stron-

tiana o protossido di strontio è una terra non molto abbondante che fu la prima volta scoperta nel 1790 in un minerale chiamato strontianite, perchè rinvenuto presso Strontian nella Scozia. Questa medesima terra si è poi trovata in molte altre parti del globo ed anche in Italia.

Il carattere distintivo dei sali di strontiana è il bel colore rosso porporino che comunicano alla fiamma dell'alcool e degli altri corpi combustibili.

99. Il Calcio Ca che combinato all'O ed agli acidi specialmente carbonico e solforico si trova in profusione sparso per tutto, fu anch'esso ottenuto da Davy mediante la corrente elettrica; nè si è fin qui scoperto altro processo per ottenerlo.

Il Ca è bianco, lucente e non fonde che a molto elevata temperatura. A contatto dell'aria si trasforma in calce o protossido di calcio, ed immerso nell'acqua si converte in idrato di calce.

I sali di calce sono caratterizzati dal precipitato bianco e voluminoso che vi produce l'acido ossalico o meglio l'ossalato d'ammoniaca. Anche i carbonati alcalini producono un precipitato bianco nelle soluzioni de' sali di calce, e per questa proprietà si distinguono dai sali dei metalli alcalini.

Classe 2:

Magnesio	Lantanio
Manganese	Didimio
Glucinio	Ittrio
Zirconio	Erbio
Torio	Terbio
Cerio	Alluminio

100. *Anche questi metalli, ad eccezione dell'ultimo (1) hanno grande affinità per l'* O. *All'aria specialmente se umida prontamente si ossidano, e decompongono l'acqua a temperatura non molto elevata.*

Fino dalla metà del secolo passato si conosceva una terra detta magnesia alba, perchè si credeva che a guisa di calamita potesse estrarre dal nostro corpo tutti gli umori cattivi. Da questa terra che pura non si trova in natura, ma che esiste in combinazione in vari minerali nelle acque del mare, nelle sorgenti di Epsom in Inghilterra ed altrove, Bussy nel 1831 estras

(1) *L'Alluminio si è collocato in questa classe per non allontanarlo dagli altri radicali delle terre; attese però le sue qualità chimiche, meriterebbe di esser posto nella sesta classe unitamente ai metalli più difficilmente ossidabili.*

se il magnesio Mg decomponendone il cloruro per mezzo del potassio.

Il Mg è duro, di tessitura lamellare o granulosa del colore dell'argento, ma tendente un poco al blu. All'aria perfettamente secca non si altera, ed all'aria umida si copre di una bianca crosta di ossido. L'acqua pura ed assai fredda non è decomposta dal Mg; la decomposizione comincia ad essere sensibile sopra i 30°, ed ai 100° è molto rapida.

Il Mg immerso in una atmosfera di acido cloridrico all'istante si infiamma. Ad elevata temperatura brucia nell' O scintillando come il ferro, e con sviluppo di calorico e di luce si combina anche alla maggior parte degli altri metalloidi, specialmente al Cloro ed al solfo. Fino ad ora però il Mg non ha avuto alcun uso.

Il protossido di Mg o magnesia è la sola combinazione conosciuta del Mg coll' O. I sali di magnesia sono tutti bianchi ed hanno sapore amaro. Le loro soluzioni trattate col carbonato di potassa o di soda danno un precipitato bianco e gelatinoso, ma non sono intorbidate dai solfati alcalini a meno che non sieno molto concentrate. Questa ultima proprietà vale a distinguere i sali di magnesia dai sali di barite, di strontiana e di calce.

101. La più abbondante miniera di manganese, cioè il suo biossido era noto anche agli antichi sotto il nome di magnesia nigra o lapis magnes per la somiglianza che ha coll'ossido di ferro magnetico.

Nel 1774 Galen esponendo in un crogiuolo ad altissima temperatura un miscuglio di carbone e di magnesia nigra ottenne il metallo che fu poi chiamato manganese **Mn**.

Il **Mn** è grigio biancastro, poco lucente, di tessitura granulosa. L'aria secchissima è senza azione sul **Mn**, ma l'aria umida prontamente lo trasforma in ossido nero; onde bisogna conservarlo in tubi di vetro chiusi al fuoco ovvero nell'olio di nafta. Ad alta temperatura poi assorbe l'**O** dell'aria producendo una vivissima combustione. Alla temperatura ordinaria non decompone l'acqua che lentamente; ma al 100° la decompone rapidamente. Allorchè si tocca il **Mn** colle mani umide o vi si soffia sopra, si sente un odore spiacevole dovuto all'**H** impuro che si svolge. L'ortissima è l'azione che il **Mn** esercita sugli acidi. La sua dissoluzione nell'acido solforico è accompagnata da svolgimento di **H**, e nell'acido nitrico da sviluppo insieme di **H** e di **N**.

Oltre il biossido, il **Mn** fa coll'**O** varie altre combinazioni, fra le quali un protossido salificabile ed un sesquiossido anch'esso salificabile ma molto debolmente. I sali di protossido di **Mn** hanno tutti un color bianco roseato o ametistino. Le loro soluzioni producono con la potassa e colla soda un precipitato bianco che presto imbrunisce a contatto dell'aria, ed un precipitato color di rosa col cianuro giallo di ferro e di potassio

═

102. Vanquelin nel 1797 analizzando il berillo, ci

trovò una terra particolare che fu detta glucina da γλυχύς (dolce) per la proprietà che ha di produrre cogli acidi de' sali di sapore dolce. La glucina fu di poi scoperta in altri minerali specialmente nello smeraldo, nell' acqua marina, e nella fenacluite. Questa terra nel 1827 fu decomposta da Wöhler, mediante il potassio, in O, ed in un metallo che ebbe il nome di Glucinio G.

Il G è grigio un po' turchiniccio; scaldato all'aria diviene incandescente, e si trasforma in ossido di glucinio o glucina. Decompone l'acqua alla temperatura dell'ebollizione, ed è solubile nella potassa, nella soda e negli acidi allungati con sviluppo d'H. Entra in combinazione cogli altri metalloidi, specialmente col solfo e col cloro; ma non si conosce alcuna sua lega

103. Nei giacinti del Ceylan fu scoperta da Klaproth nel 1789 una nuova terra, a cui diè il nome di giargonia o zirconia, e da questa Berzelius nel 1829 estrasse il metallo Zirconio Zr. Questo si ottiene decomponendo il suo fluoruro per mezzo del potassio al calor rosso.

E' il Zr una polvere grigia, capace di acquistare lo splendore metallico. Alla temperatura ordinaria non si altera all'aria, ma fortemente scaldato vi brucia, ed alla stessa temperatura decompone anche il vapor d'acqua. Il prodotto di questa combustione e decomposizione dell'acqua è l'ossido di zirconio, ossia la giargonia. Il Zr è pochissimo at-

toccato dagli acidi, a meno del fluoridrico che lo scio
glie anche a freddo

104. Da Thor antica divinità presso gli Scandinavi ebbe nome la torina e il torio Th ambedue scoperti da Berzelius in un minerale trovato nella Norvegia.

Il Th si presenta sotto forma di polvere grigio-bruna, che prende sotto il brunitoio splendore metallico, ed è pressochè infusibile. A temperatura anche inferiore al calor rosso brucia nell'aria formando l'ossido di torio o la torina; ma non decompone l'acqua nè a freddo nè a caldo.

La torina è la più pesante di tutte le terre.

105. Il Cerio Ce fu scoperto da Berzelius in un minerale che chiamavasi pietra greve, e che di poi fu detto cerite per ricordare che da esso fu tratto il cerio quasi allo stesso tempo che l'Astronomo Piazzi scoprì il pianeta Cerere. La cerite che da Berzelius fu creduta contenere solamente il silicato di cerio, da Mosander fu trovata contenere un silicato triplo: ad uno dei tre metalli si conservò il nome di cerio, e gli altri due furono appellati Lantanio La e Didimio D; ma le proprietà di questi metalli non sono ancora ben conosciute.

106. Da un minerale chiamato godolinite perchè scoperto da Godolin nel 1794 nelle vicinanze di Ytterby si estrasse una sostanza che fu detta ittria

e creduta un semplice ossido metallico. L'ittria di poi si trovò in altri due minerali cioè nell'ittrotantalite e nell'ortite; e le sperienze di Mosander mostrarono che non è un semplice ossido, ma un miscuglio di tre ossidi, uno de' quali ritenne il nome di ittria, e gli altri due si denominarono erbina e terbina. I metalli di questi tre ossidi hanno avuto il nome di ittrio Y, erbio E, terbio Te, sebbene non si siano ancora ottenuti perfettamente isolati l'uno dall'altro.

107. L'Alluminio Al combinato all'O, cioè la terra allumina esiste in moltissimi minerali. Pura o quasi pura si trova nel zaffiro bianco, nel topazio, rubino e smeraldo orientali ed in altre gemme appartenenti al genere dei corindoni, di cui una varietà è pure lo smeriglio, che ridotto in polvere serve a lavorare le pietre dure. L'allumina poi combinata specialmente alla silice, all'acido solforico e ad alcuni ossidi metallici è comunissima e costituisce il feldspato, la mica, l'allume, e le diverse specie di argille, le quali tanto più si offrono morbide ed untuose al tatto, quanto più contengono d'allumina. L'allume ossia il solfato di allume e potassa è il minerale da cui la prima volta si trasse la terra allumina. Infatti se l'allume si scioglie in 25 volte il suo peso di acqua e quindi si tratta coll'ammoniaca, il deposito gelatinoso che si forma ben lavato e calcinato è pura allumina.

Dall'allumina per mezzo del cloro e del potassio

si ottenne da Wöhler nel 1827 l'allumínio non però allo stato di purezza. In questo stato non si è ottenuto che nel 1854 da Saint Claire Deville che avendo sostituito il sodio al potassio nel metodo di Wöhler arrivò a preparalo privo affatto di ogni sostanza eterogenea. L'allumínio è di un bel colore bianco azzurrognolo e splendido al pari dell'argento. La sua durezza è uguale a quella dell'argento e anche la supera quando è stato battuto col martello. E' molto duttile, elastico e sonoro, e la sua densità sebbene aumentata per mezzo del laminatoio e del martello appena giunge a 2,67.

L'allumínio nello stato di purezza non è alterato né dall'aria né dal puro ossigene nemmeno al calor rosso, e la sua fusibilità è intermedia fra quella dello zinco e dell'argento. L'acqua non è decomposta dall'allumínio se non debolmente e ad altissima temperatura. Gli acidi solforico e solfoidrico appena esercitano qualche azione sull' Al; anche l'acido nitrico non lo attacca che con molta lentezza e solo quando è bollente. Il migliore suo dissolvente è l'acido cloroidrico, che prontamente lo trasforma in cloruro con abbondante sviluppo di gas idrogeno. L' Al non si combina al mercurio, ma col rame forma una lega assai dura, leggera e sonora.

L'allumina è l'unica combinazione conosciuta dell' Al coll' O ed è un sesquiossido di Allumínio L'allumina ridotta anidra per la calcinazione è una polvere bianca che non si scioglie nell'acqua, e difficilmente negli acidi e nelle soluzioni di potassa e di soda. L'allumina idrata poi si scioglie facilmente negli a-

cidi, nei liquidi alcalini ed un poco ancora nell'acqua. Ma sebbene sia piccolissima la solubilità dell'allumina nell'acqua, pure è molto igrometrica e giunge ad assorbire fino a due volte e mezzo il suo peso di acqua. Quindi è che si attacca alla lingua, e che i terreno che la contengono in abbondanza conservano anche nei tempi secchi l'umidità necessaria alla vegetazione. Sotto l'azione del calorico l'allumina perde l'acqua che aveva assorbito, ed alla fiamma dell'H alimentata dal paro O si fonde, e per lento raffreddamento cristallizza. Di questa proprietà dell'allumina si valgono per formare i rubini artificiali.

I sali di allumina calcinati con piccola quantità di nitrato di cobalto acquistano un colore blu caratteristico, e le loro soluzioni saturate a caldo col solfato di potassa o d'ammoniaca nel raffreddarsi lasciano depositare de' cristalli ottaedrici di allume.

Classe 3ª.

Ferro	Vanadio
Nickel	Zinco
Cobalto	Cadmio
Cromo	Uranio

108. *Questi metalli non si combinano all'* O *né decompongono l'acqua a temperatura inferiore a 100°; ma in presenza di un acido energico si combinano all'* O *e decompongono l'acqua anche a* 0°.

Il Ferro Fe *cosi' chiamato da* ferre *per la sua gran de tenacità è il più utile di tutti i metalli, e si trova in tutti i tre regni della natura* (1), *ma specialmente nel minerale allo stato di* ossido, *di* solfuro, *di* sale, *e qualche volta anche nativo. Il* Fe *che viene in commercio si estrae tutto dai suoi ossidi o dai suoi carbonati, e se ne distinguono tre specie, cioè il* ferro dolce o malleabile, *l'acciaio ed il* ferro fuso o ghisa. *La ghisa è inferiore al ferro dolce per la duttilità ma lo supera in durezza e fusibilità; l'acciaio riunisce in sè le proprietà di ambedue avvicinandosi al ferro dol-*

(1). *La quantità del* Fe *esistente nel corpo di un uomo adulto si calcola essere* $2^{gr},5$.

ce per la duttilità, ed alla ghisa per durezza e fusibilità(1). Ciascuna poi di queste tre specie di Fe, oltre a qualche traccia di altre sostanze, contiene sempre un poco di carbonio; la prima meno della seconda, e questa meno della terza. Il Fe che più si accosta allo stato di purezza è quello tirato in fili molto sottili; poichè il Fe meno puro non si lascia tirare a quella sottigliezza. Chimicamente puro si ottiene il Fe esponendo ad una altissima temperatura in un crogiuolo dei pezzetti di filo di ferro leggermente ossidati e misti ad $\frac{1}{8}$ del loro peso di vetro in polvere. Il Fe puro ottenuto con questo o con altro metodo è più bianco e duttile del ferro dolce, ma meno fusibile e meno tenace. Alla temperatura ordinaria il Fe non si altera all'aria perfettamente secca, solo comincia ad ossidarsi al rosso scuro. Se però il Fe sia purissimo ed estremamente diviso, come lo è quando la sua riduzione si fa mediante una corrente d'H, s'infiamma a qualunque temperatura appena viene a contatto dell'aria. Il Fe così purificato e diviso chiamasi ferro piroforico.

All'aria umida il Fe presto si ossida anche all'ordinaria temperatura, formandosi l'idrato di protossido di ferro. Che se l'aria, come accade comu-

---

(1). L'acciaio si può facilmente distinguere dal ferro dolce, col farvi cader sopra una goccia di acido nitrico allungato, e poi lavarlo. Sul ferro dolce la macchia è bianco-verdognola, laddove sull'acciaio il carbonio scoperto dall'acido presenta una macchia nera.

nemente, contenga anche dell'acido carbonico, l'ossidazione è più pronta, e si produce anche del carbonato di protossido di ferro. Allorchè una massa di Fe si è cominciata ad ossidare in qualche punto, l'ossidazione progredisce rapidamente a motivo che il Fe ed il suo ossido costituiscono un elemento voltaico valevole a decomporre il vapor d'acqua.

Il Fe non decompone l'acqua pura e priva di aria se non al calor rosso; ma se l'acqua contiene dell'aria il Fe a poco a poco vi si ossida anche alla temperatura ordinaria. L'ossidazione del Fe nell'aria o nell'acqua si può impedire col tenerlo a contatto di un pezzo di zinco. L'elemento voltaico che costituiscono questi due metalli impediscono l'ossidazione del Fe, mentre promuove quella del zinco.

L'affinità del Fe per l'O è la causa della scintillare che fa il Fe battuto su di un corpo duro. I pezzetti di Fe che si distaccano acquistano per l'attrito sufficiente calorico per combinarsi all'O dell'aria con sviluppo di calorico e di luce.

Gli acidi, e specialmente il cloroidrico, il solforico ed il nitrico attaccano vivamente il Fe; ma se quest'ultimo sia molto concentrato, non lo attacca che alla superficie e poi cessa ogni azione: dicesi allora che il Fe è divenuto passivo, perchè ha acquistato la proprietà di non essere facilmente attaccato neppure dagli altri acidi.

I più interessanti composti che fa il Fe coll'O sono il protossido, il sesquiossido, e il triossido. Il primo è una base molto energica, il secondo è una

base debole, e il terza fa sempre da acido, e comunemente si appella acido ferrico. I sali a base di protossido quando sono cristallizzati o in soluzione hanno un colore verde smeraldo e si alterano all'aria; quelli a base di sesquiossido sono di colore giallo rossastro.
L'acido tannico e l'infusione delle noci di galla producono un precipitato nero nei sali a base di sesquiossido, e non producono precipitato nei sali di protossido, se non mediante l'azione prolungata dell'aria, o di qualche ossidante che converta il protossido in sesquiossido. Col cianuro giallo di ferro e di potassio i sali di sesquiossido dànno all'istante un precipitato blu, quelli di protossido lo dànno bianco verdastro, che diventa blu per il contatto dell'aria.

109. *Il* **Nickel** **Ni** *si trova per lo più combinato col solfo e coll'arsenico, ed ha derivato il suo nome da* **Kupfernickel**, *voce con cui i tedeschi esprimono il minerale, donde la prima volta fu estratto da Cronstedt nel 1751. Il Kupfernickel o arseniuro di nickel è anche al presente il minerale, da cui si estrae quasi tutto il nickel che viene in commercio.*

E' il **Ni** *di color bianco tendente al grigio e molto duttile. All'aria anche umida non si altera sensibilmente alla temperatura ordinaria, ma scaldato si converte in ossido. Gli acidi e specialmente il cloroidrico agiscono sul* **Ni** *come sul* **Fe**.

Il **Ni** *non serve che a far delle leghe: la più comune è il packfong detta anche argentana. Ma queste leghe non si debbono tener mai a contatto degli acidi*

che sotto l'influsso dell' O dell'aria facilmente le attaccano producendo sali velefici. L'argentana somiglia molto all'argento, ma è facile il distinguerli esponendone la limatura all'azione della calamita, dache' questa attira il **Ni** ma non l'argento.

I sali di **Ni** sono colorati in verde se idrati, in giallo se anidri. Le loro soluzioni dànno un precipitato verde colla potassa e colla soda; un precipitato verde chiaro dànno pure coi carbonati, fosfati ed arseniati alcalini

---

110. Anche prima dell' era cristiana gli ossidi di Cobalto Co erano adoperati per comunicare ai vetri il colore azzurro, ma non fu in essi riconosciuta l'esistenza di un metallo particolare se non da Brandt nel 1773. Il minerale più comune di cobalto è il solfoarseniuro conosciuto sotto il nome di cobalto grigio.

Il Co è duro, fragile, fusibile come il **Fe** e del colore dell'acciaio. Scaldato all'aria si converte in ossido, ma alla temperatura ordinaria si altera meno del **Fe**. Si scioglie negli acidi cloroidrico e solforico con sviluppo d' **H**.

Il Co puro non ha usi; i suoi ossidi pero' sono molto adoperati come sostanze coloranti inalterabili all'azione degli acidi. Le soluzioni degli ossidi di Co nell'acido cloroidrico danno anche un curioso inchiostro simpatico. La scrittura fatta con questa inchiostro è invisibile alla temperatura ordinaria, ma scaldata appariscono i caratteri di colore azzurro o ver-

de, e col raffreddamento tornano di nuovo a svanire. Questo fenomeno dipende da una modificazione isomerica prodotta nel cloruro di cobalto dall'elevazione di temperatura.

Le soluzioni de' sali di cobalto trattate colla potassa o colla soda danno un precipitato blù violaceo che passa al verde pel contatto dell'aria e poi al nero. Rosso pallido è il precipitato che danno con i carbonati di potassa e di soda.

111. Il Cromo Cr ha avuto il nome da χρῶμα (colore) perchè entra nella composizione della materia colorante di varie gemme e di molti minerali. Le sue più abbondanti miniere sono l'ossido doppio di ferro e di cromo, ed il cromato di piombo, volgarmente chiamato piombo rosso di Siberia, da cui fu estratto la prima volta da Vanquelin nel 1797.

Il Cr purissimo si offre sotto forma di polvere grigia ed amorfa. Non si altera all'aria, ma riscaldato s'infiamma e si trasforma in ossido verde. Difficilmente si fonde, e gli acidi non lo sciolgono bene ad eccezione del fluoridrico. In presenza dell'O s'attacca dalle basi, colle quali forma i cromati, di alcuni de' quali si fa grande consumo in pittura e nella fabbricazione delle stoffe dipinte.

I cromati sono rimarchevoli per le belle tinte che ci offrono dal giallo canario al rosso sanguigno. L'acido cloroidrico bollente li decompone con svolgimento di cloro. I cromati alcalini formano dei precipitati gialli con i sali di piombo e di bismuto, dei pre-

cipitati rosso-chiari con i sali di mercurio e di rame, e rosso-cupi con i sali di argento.

112. Il Vanadio V è rarissimo; non si è trovato che in qualche minerale di piombo o di ferro. Da prima ebbe il nome di eritonio, ma poi ha prevaluto quello di Vanadio da Vanadis antica divinità scandinava che gli fu dato dallo Svedese Sefström quando nel 1830 lo scoprì in un minerale di ferro della Svezia.

Il V somiglia all'argento nel colore; è però fragile e facilmente si riduce in una polvere color di ferro. Brucia al calor rosso, e il risultato della combustione è un biossido di vanadio. Poca azione hanno sul V l'acqua e gli acidi, ad eccezione del nitrico e dell'acqua regia, che vivamente l'attaccano convertendolo in acido vanadico.

113. I più abbondanti minerali di Zinco Zn sono la calamina e la blenda; questa è un solfuro, e quella un carbonato spesso misto a silicato ed a solfato. I minerali di zinco erano conosciuti anche dagli antichi, e se ne valevano per formare la lega che dicevasi aurichalcum e che ora chiamasi ottone, ma non si sa di certo se il puro metallo fosse conosciuto prima degli alchimisti.

Il Zn che viene in commercio non è mai puro; sempre contiene il carbonio e spesso anche l'arsenico, il rame, il cadmio, il piombo, il manganese ed il ferro. Quello però che è tirato in lamine molto

sottili si accosta assai alla purezza perfetta. Distillando il Zn del commercio si ottiene un Zn molto più puro; ma per averlo puro chimicamente fa d'uopo ridurre il suo ossido per mezzo del carbone.

Il Zn è bianco tendente al blù; rotto di fresco è molto brillante, e mostra una struttura decisamente cristallina. Fragile alla temperatura ordinaria, diventa duttile sopra i 100°. Scaldato fino ai 200° torna di nuovo ad essere fragile per modo da lasciarsi ridurre in polvere in un mortaio. Verso i 500° il Zn si fonde ed al calor bianco passa allo stato aereo ed è perciò adatto ad essere distillato.

All'aria umida il Zn si copre di una pellicola di subossido, che a guisa di vernice protegge le parti interne dall'ossidarsi. Al calor rosso prende fuoco con vivissima fiamma bianca, sollevandosi nell'aria de' bianchi fumi di ossido.

Quasi tutti gli acidi anche i più deboli attaccano il Zn, e le reazioni sono simili a quelle del Fe. Colla maggior parte de' metalli il Zn si unisce e forma delle leghe; si unisce anche a tutti i metalloidi, eccettuati l'**H**, il **N** ed il **Bo**.

Dopo che si è trovata la temperatura in cui il Zn è malleabile, i suoi usi sono cresciuti molto; ma conviene guardarsi dal tenervi a contatto le sostanze alimentari, perchè i suoi sali sono velefici.

I sali di Zn sono caratterizzati dal precipitato bianco d'idrato di Zn che vi producono la potassa e la soda: questo precipitato è solubile in un eccas-

so del reattivo. Le soluzioni de'sali di Zn sono anche precipitate in bianco dai carbonati, borati, fosfati e arseniati alcalini, e dal cianuro giallo di ferro e di potassio.

114. I minerali di Zn e specialmente le calamine della Slesia contengono sempre qualche centesimo di un altro metallo che fu detto Cadmio Cd da cadmia nome che davano gli antichi alla calamina.

Il Cd scoperto da Stromeyer nel 1818 è tenero, malleabile, del colore dello stagno, e come questo decrepita quando si piega. Al di sotto del calor rosso si fonde e volatizza; ma alla temperatura ordinaria conserva all'aria lo splendore metallico per lungo tempo. A temperatura più elevata il Cd brucia formando un ossido di colore giallo cupo. Il colore che prende il Cd bruciando serve di criterio per distinguere i minerali di Zn che contengono questo metallo.

Gli acidi agiscono sul Cd come sul Zn; ma i sali di Cd si distinguono da quelli di Zn, perchè il precipitato bianco d'idrato di cadmio prodotto dalla potassa o dalla soda non è solubile in un eccesso del reattivo, come lo è l'idrato di zinco

115. Klaproth nel 1789 analizzando il minerale chiamato pechblenda, vi trovò l'ossido di un nuovo metallo, che fu poi isolato nel 1842 da Peligot ed ebbe il nome di Uranio U. L'U si è trovato an

che in altri minerali, ma questi sono assai rari.

L' U si presenta sotto forma di polvere o pagliette brune dotate di splendore metallico e malleabili. Riscaldato anche sotto i 200° brucia con viva luce e si cangia in un ossido verde scuro. Alla temperatura ordinaria però non subisce alterazione né dall'aria né dall'acqua. Gli acidi lo attaccano con sviluppo d' H, e si producono de' sali di color verde. Alcuni di questi sali hanno la proprietà di comunicare ai flussi vetrosi un bel colore giallo-verdino.

NOTA

alla Classe 3.ª de' metalli

In questa classe collochiamo il nuovo metallo di recente ottenuto da Lamy, e chiamato Tallio da θαλλὸς che significa ramo verde, a motivo del bellissimo color verde che da esso viene comunicato alla fiamma. Il tallio ha il colore del piombo ed è molle a segno che si può solcare coll'unghia e tagliare col coltello; fonde ai 290°, ed ha il peso specifico di 11, 9. Esposto all'aria questo metallo si ricopre di una pellicola di ossido che ha l'odore e il sapore della potassa, ed in presenza degli acidi decompone l'acqua come il Fe e lo Zn. Si crede che il tallio non sia molto raro, essendosi trovato in parecchie specie di piriti del Belgio, della Francia e dell'America.

V. Bibl. Un. Archives Août 1862.

Classe 4.

Molibdeno	Tungsteno
Osmio	Tantalio
Titanio	Niobio
Stagno	Pelopio
Antimonio	Ilmerio

116. *Questi metalli si comportano coll'O dell'aria e dell'acqua come quelli della sezione precedente; salvo che alla temperatura ordinaria non decompongono l'acqua in presenza degli acidi, ma la possono decomporre a contatto delle basi alcaline. Una differenza si rimarcheuole dipende da ciò che i metalli di questa sezione non formano coll'O delle basi molto forti, ma piuttosto de' biossidi indifferenti atti a fare l'ufficio di acidi colle basi meno energiche.*

Il **Molibdeno Mo** *non si trova che in piccolissima quantità per lo più allo stato di bisolfuro nel minerale chiamato molibdena per la somiglianza che ha colla piombaggine che in greco si dice μολύβδαινα. Da questo minerale fu ottenuto il* **Mo** *da Hielm nel 1782.*

Il **Mo** *è biancastro, poco duttile e facilmente ossidabile; scaldato all'aria diventa incandescente, e*

si trasforma in acido molibdico. L'acido nitrico e l'acqua regia lo attaccano con energia; gli altri acidi appena vi agiscono.

—

117. L'Osmio Os scoperto nel 1803 da Smithson accompagna i minerali di platino e vi si trova per lo più combinato all'iridio.

Quanto al colore l'Os si rassomiglia molto al platino, ma è fragilissimo, e ad elevata temperatura si combina facilmente all'O dell'aria e dell'acqua, che lo trasformano in acido osmico. L'odore penetrante di questo acido ha fatto dare al metallo il nome di osmio da ὀσμὴ (odore).

L'Os non si fonde nè volatizza alla temperatura più elevata delle fornaci; non è attaccato dagli acidi ad eccezione del nitrico concentrato e dell'acqua regia, che lo cambiano in acido osmico. Gli alcali caustici ed i nitrati alcalini al calor rosso vi agiscono e vi producono degli osmiati.

I sali di Os facilmente si distinguono all'odore di acido osmico che esalano quando vengono riscaldati unitamente al carbonato di soda.

=

118. Il Titanio Ti si trova in vari minerali specialmente nel rutilo, nel menachino e nella scoria del ferro; e fu scoperto nel 1791 da Gregor.

Il Ti presenta diverso aspetto e proprietà diverse secondo il diverso modo con cui si ottiene. Ridotto dal carbone ad altissima temperatura è in cristalli cubici, del colore del rame, e tanto duro da

; rischiare il vetro, l'acciaio ed anche l'agata, e resiste all'azione dell' O per forma che non si scioglie in nessun acido ad eccezione del fluoridrico. Ottenuto poi il Ti all'ordinaria temperatura per mezzo del gas ammoniaco è pulverulento e nero, ma stropicciato acquista il colore del rame. In questo stato è solubile nell'acqua regia, scaldato all'aria si brucia con vivacità, ed al calor rosso decompone anche l'acqua; il prodotto di ambedue le reazioni è l'acido titanico.

119. Lo Stagno Sn conosciuto fin dalla più remota antichità si trova allo stato di solfuro e di biossido; ma è dal biossido che si estrae nelle fertili miniere d'Inghilterra, di Prussia e di Boemia. Lo Sn più puro che viene in commercio è quello di Malacca perchè più depurato dal rame e dal ferro; dei quali due metalli è ben difficile che lo Sn sia del tutto scevro. Chimicamente puro si ottiene lo Sn trattandolo con un eccesso di acido nitrico che lo trasforma in biossido insolubile, e riducendo questo per mezzo del carbone ad elevata temperatura.

Lo Sn è bianco quasi come l'argento, e malleabile a segno da potersi ridurre in sottilissime lamine. Stropicciato fra le mani tramanda un odore particolare, e piegato fa sentire un crepito che dicesi crich dello stagno. Si fonde a soli 228°, al calor bianco svapora sensibilmente, ed è perciò che brucia con fiamma.

Lo **Sn** ha molte tendenza a cristallizzare; una prova l'abbiamo in quel marezzato o cangiante metallico che prende la latta quando viene attaccata da un acido che gli toglie lo strato esteriore.

All'aria secca lo **Sn** conserva il suo brillante metallico, ma all'aria umida leggermente si appanna. Alla temperatura della fusione si copre di una pellicola grigia di protossido; a temperatura più elevata la pellicola diventa giallognola convertendosi in biossido, in cui pure si converte lo **Sn** allorchè brucia. Il biossido di **Sn** si appella anche acido stannico, perchè ora fa l'ufficio di base ed ora di acido. Questo acido si presenta sotto due stati isomerici diversi. Uno a cui si dà il nome di acido metastannico è una polvere bianca insolubile negli acidi che ingiallisce ad elevata temperatura. L'altro pel che riceve il nome di acido stannico è bianco d'apparenza setacea, solubile negli acidi, che ad elevata temperatura prende una tinta bruna e diventa anch'esso insolubile negli acidi. Sì nell'uno che nell'altro stato l'acido stannico è solubile nella potassa, nella soda e loro carbonati. L'acido stannico fuso col borace forma quello smalto bianco con cui si fanno le mostre degli orologi.

L'acido cloridrico concentrato scioglie lo **Sn** con svolgimento di **H**. L'acido solforico non lo scioglie che a caldo, ed allora il metallo si converte in solfato di protossido. L'acido nitrico ossida facilmente lo **Sn** e lo trasforma in acido stannico; ma se l'acido nitrico è al massimo di concentrazione non

attacca punto lo Sn. L'acqua regia lo scioglie, e si forma il bicloruro di Sn. In presenza della potassa o della soda lo Sn decompone l'acqua alla temperatura ordinaria, e si producono gli stannati di potassa e di soda.

Le soluzioni de' sali di Sn lasciano depositare il metallo sotto forma di una polvere grigia, allorchè vi si getta la limatura o di ferro o di zinco o di cadmio.

Lo Sn spalmato sulle lamine di ferro costituisce la latta; unito al solfo allo stato di bisolfuro forma l'oro musivo; ed allegato ai metalli gli concilia durezza, e ne diminuisce la duttilità.

=

120. Gli alchimisti furono i primi che conobbero e studiarono l'antimonio Sb. Questo metallo si trova anche nativo, ma il suo minerale più comune è il sesquisolfuro, di cui si trovano abbondanti miniere in varj luoghi, e viene in commercio sotto il nome di antimonio. L'antimonio ottenuto nelle fabbriche dal sesquisolfuro contiene sempre un poco di ferro, di solfo, di piombo, e qualche volta anche d'arsenico. Per averlo puro fu d'uopo fonderlo più volte con un ventesimo del suo peso di nitrato di potassa.

Il puro antimonio è bianco tendente un poco all'azzurro, molto brillante, granuloso, fragilissimo e mezzanamente duro. Stropicciato o tenuto in bocca dà odore e sapore, e facilmente cristallizza per via di fusione. Si fonde a 480°, e al calor rosso len-

tamente svapora.

All'aria secca l'antimonio non si altera punto, e pochissimo all'aria umida. Ad elevata temperatura però si combina facilmente all'O con grande sviluppo di calorico e di luce accompagnata da un bianco fumo, che si condensa in candidi aghi cristallini di sesquiossido, che dicesi anche acido antimonioso perchè talvolta fa l'ufficio di acido.

L'acqua regia con eccesso di acido cloroidrico è il migliore solvente dell'antimonio, e lo converte in percloruro o sesquicloruro, secondochè predomina il solvente od il soluto. L'acido solforico non l'attacca se non quasi bollente e concentrato. L'acido nitrico se debole lo converte in sesquiossido; se concentrato e a caldo lo converte in acido antimonico.

L'antimonio si combina ad un gran numero di metalli, ma due sole sono le sue leghe utili nelle arti; quella col piombo impiegata nei caratteri da stampa, e collo stagno con cui si fanno diversi utensili. In grazia ai moltissimi preparati antimoniali che gli alchimisti avevano introdotto nella medicina, al presente si riducono a tre soli, e sono il tartarato di sesquiossido di antimonio ed potassa chiamato comunemente tartaro emetico, il kermes minerale ed il solfo-dorato d'antimonio risultanti principalmente di Sb, O e S; che debbono essere amministrati con cautela, perchè i composti di antimonio agiscono tutti come veleno sull'economia animale.

I composti solubili dell'antimonio sono carat-

terizzati dal precipitato color d'arancio, che vi produce l'acido solfoidrico; e dal precipitato di antimonio metallico, che vi determina una lamina o di zinco o di ferro o di stagno.

=

121. Il Tungsteno Tg si ottenne la prima volta nel 1782 dai fratelli Elhuyart. dal minerale chiamato tungstein. Questo metallo suole anche denominarsi wolframio perchè si è poi trovato in un altro minerale detto wolfram che è un tungstato di ferro e manganese assai meno raro del tungstein o tungstato di calce.

Il Tg è durissimo, brillante e del colore del Fe. Non si altera all'aria alla temperatura ordinaria, ma al calor rosso si combina all'O. è decompone anche l'acqua formandosi in ambedue i casi l'acido tungstico. Non è sensibilmente attaccato dall'acido cloroidrico, ma sibbene dal nitrico e dal solforico concentrato, che lo convertono in acido tungstico; e per questo mezzo si distinguono i tungstati dagli altri sali.

=

122. Hatchet nel 1803 esaminando un minerale venuto dall' America vi trovò un nuovo metallo che chiamò colombio. Poco tempo appresso lo stesso metallo fu rinvenuto in alcuni minerali di Europa da Ekebery, che gli diede il nome di tantalio Ta. - Il Ta è nero; ma sotto l'azione del brunitoio prende lo splendore metallico. È quasi infusibile ed inalterabile all'aria alla temperatura ordinaria,

ma al calor rosso brucia con vivacità e diviene acido tantalico. Il Ta non è attaccato da nessun acido ad eccezione del fluoridrico

123. Dai minerali di Ta o tantaliti, oltre il tantalio ebbero anche origine tre nuovi metalli. Due furono scoperti nel 1844 da Rose nelle tantaliti di Baviera, e come figli di Tantalo ebbero i nomi di Niobio **Nb**, e Pelopio **Pp** : il terzo fu scoperto da Hermann nel 1847 nelle tantaliti di Siberia, e ricevè il nome di **Ilmenio Il**.

Il **Nb** ed il **Pp** non sono stati ancora ben separati l'uno dall'altro; ma si sa che combinandosi all'**O** formano gli acidi Niobico e Pelopico.

L'**Il** si presenta sotto la forma di una polvere nera simile alla fuliggine, che riscaldata all'aria brucia formando de' vapori che si condensano in una massa bianca di acido ilmenico.

Classe 5.ª

Rame_Piombo_Bismuto

124. Questi metalli non decompongono l'acqua a temperatura inferiore al calor rosso, quando anche vi sia la presenza o di fòrti acidi o di fòrti basi.

Il **Rame Cu** ebbe il nome latino dall'isola di Cipro d'onde i Greci lo traevano, e l'italiano da **aeramen**, nome che i latini de' bassi tempi davano al bronzo. Si trova nativo cristallizzato in cubi o in ottaedri, e più spesso allo stato di **ossido**, di **solfuro**, e di **sale**; che sono i minerali da cui si estrae il rame che viene in commercio specialmente dalle ricche miniere d'Inghilterra Chimicamente puro però non si ottiene che mediante le correnti elettriche, ovvero riducendone qualche ossido per mezzo di una corrente di idrogene.

Il Cu ha un colore rosso che lo caratterizza; tirato in foglie sottilissime trasmette la luce, e la colora di un bel verde; maneggiato acquista un odore nauseoso, ed ha sapore particolare. Si fonde a un fòrte calor rosso, e al calor bianco è un poco volatile e brucia con fiamma verde. Alla temperatura ordinaria il Cu non si ossida all'aria secca, ma presto si altera al-

l'aria umida specialmente in presenza di qualche a cido, e si copre di una patina verdastra, che è un sale a base di ossido di rame. Se poi si alzi la temperatura prontamente si altera anche all'aria secca fino a sfaldarsi in squamme di ossido, ed è perciò presto che i vasi di rame si consumano presto se qualche o nessun liquido vengano esposti al fuoco. Il Cu decompone il vapor d'acqua solamente al calor bianco, a temperatura più bassa non decompone affatto l'acqua nemmeno se sotto l'influenza di un acido o d'una base.

L'acido cloroidrico ed il solforico diluiti non attaccano il Cu che debolmente, ma il solforico concentrato e caldo lo attaccano vivamente, e vi formano il solfato di protossido di rame. L'acido nitrico diluito e l'acqua regia vi esercitano un azione tumultuosa. Gli acidi organici anche deboli a contatto dell'aria determinano l'ossidazione del Cu. Lo stesso fanno pure gli oli grassi, che però irrancidiscono ne' vasi di rame e di ottone. Quindi è che per allontanare il pericolo di avvelenamento si sogliono stagnare i vasi di rame che debbono contenere sostanze alimentari.

Il Cu si unisce a molti metalloidi ed alla maggior parte de' metalli. Collo Zn forma l'ottone, il similoro, il crisocale &c. Lo Zn unendosi al Cu in piccola dose ne converte il color rosso in giallo d'oro, in dose maggiore lo converte in giallo chiaro, se poi supera la metà del peso del rame, la lega è grigio biancastra. A queste leghe spesso si aggiun

giunge qualche centesimo di piombo e di stagno, che li rendono più dure e più facili ad essere lavorate. Il Cu unendosi allo Sn forma le diverse specie di bronzo; cioè

Il bronzo da cannone

Cu – 90,09.
Sn – 9,91.

Il bronzo pei tamtam o cembali

Cu – 80.
Sn – 20.

Il bronzo da campane

Cu – 78.
Sn – 22.

Il bronzo per gli specchi de' telescopî

Cu – 67.
Sn – 33.

Il bronzo da medaglie

Cu – 94 Sn – 6 ovvero Cu – 96 Sn – 4.

Al bronzo da medaglie ed oggetti di ornamento si suole aggiungere qualche centesimo di zinco e talora anche di piombo.

Il Cu fa coll' O due basi salificabili, l'ossidulo, e il protossido. I sali a base di ossidulo sono pochis-

simo solubili nell'acqua, e facilmente si trasforma no in sali di protossido anche per il solo contatto dell'aria umida. I sali a base di protossido hanno un colore blu o verde se idrati, bianco sporco se anidri. Le loro soluzioni trattate col cianuro giallo di ferro e potassio danno un precipitato bruno marrone, lo danno nero coll'acido solfoidrico, bianco collo ioduro di potassio, verde d'erba coll'arsenito di potassa, e coll'ammoniaca in eccesso prendono un colore blu celeste. Una lamina di ferro immersa nelle soluzioni de' sali di rame si copre di uno strato del metallo ripristinato.

125. Il Piombo Pb, uno de' sette metalli conosciuti dagli antichi si trova combinato all'ossigene, al solfo, al tellurio, al selenio, al rame, all'argento e qualche volta anche nativo. Ma sebbene moltissimi sieno i minerali di piombo, da due soli si estrae con profitto il metallo: dal carbonato cioè e dal solfuro volgarmente detto galena.

Il Pb che viene in commercio qualche volta è assai puro, come si scorge dalla sua grande flessibilità e malleabilità; chimicamente puro poi si ottiene riducendo per mezzo del carbone l'ossido avuto dalla calcinazione del nitrato di piombo cristallizzato.

Il Pb è grigio-turchiniccio e brillantissimo se tagliato di fresco. E' tanto tenero che lascia traccia di se anche sulla carta. Battuto col martello in uno spazio libero facilmente si stende e scema in densità.

Si fonde ai 334°, e al calor rosso sparge nell'aria visibili fumi di vapore molto venefico.

A contatto dell'aria anche secca il Pb presto si appanna coprendosi di una pellicola sottilissima di sub ossido. Che se l'aria sia umida, l'ossidazione va più oltre, ed all'ossido si combina l'acido carbonico atmosferico, formando quella patina biancastra di carbonato insolubile, che si vede sulle lamine di piombo esposte all'aria. Rapidamente poi si ossida il Pb se si mantiene fuso a contatto dell'aria. L'ossido così ottenuto è una polvere grigio-giallastra che volgarmente appellasi massicat, e che esposta in un forno a riverbero ad una temperatura non maggiore di 300° assorbe nuove dosi d'O, e si trasforma in quella sostanza rosso-ranciata molto pesante che dicesi minio ed è un piombato di protossido di piombo bibasico. Allorchè il protossido di Pb o massicat subisce la fusione, col raffreddamento si rappiglia in una massa fogliettata giallo-rossastra di splendore metallico che chiamasi litargirio.

L'acido nitrico è il miglior solvente del Pb: anche l'acqua regia vi esercita una forte azione e lo converte in cloruro. Gli acidi solforico e cloroidrico non l'attaccano se non concentrati e bollenti, anzi per ciò che riguarda il cloroidrico fa d'uopo anche la presenza dell'aria.

Il Pb non decompone l'acqua neppure sotto l'influsso di un acido forte; ma se l'acqua è a contatto dell'aria, l'O di questa che sciogliesi nell'acqua ossida il Pb, e all'ossido immediatamente si

combinano l'acido carbonico atmosferico e l'acqua stessa, che in questa come in molte altre congiuntu re fa l'ufficio di acido. Che se l'acqua contiene delle sostanze organiche o qualche sale anche in piccolissima quantità e specialmente del carbonato o solfato di calce, l'ossidazione del Pb è impedita. L'acqua comune può perciò rimanere a contatto de' vasi e tubi di Pb senza che questo si ossidi; ma non vi può rimanere il vapor d'acqua e l'acqua stillata, a meno che non sia chiuso l'adito all'aria.

Quasi tutti i metalli si allegano al Pb, ma le leghe più usate sono quelle che fa collo Sn, alcune delle quali sono più fusibili dello Sn stesso. Se la quantità di Pb sia più che doppia della Sn la lega è chiamata peltro e si presta bene alla formazione di tubi e vasellami di ogni specie. L'esperienza poi ha dimostrato che se il Pb non supera il 12 o 18 per 100, i vasi di peltro sono innocui, sebbene vi stia qualche acido a contatto, perchè lo Sn si oppone all'azione degli acidi sul Pb.

Fra le diverse combinazioni che il Pb fa coll'O il solo protossido è base salificabile. I suoi sali facilmente si riconoscono per via secca, giacchè scaldati col carbonato di soda danno assai presto un globulo di piombo ripristinato. Per via umida poi si riconoscono al precipitato giallo che producono nelle loro soluzioni i cromati e iodati alcalini, ed al precipitato nero che vi producono l'acido solfoidrico ed i solfoidrati alcalini. Il Zn, il Fe e lo Sn precipitano il Pb allo stato metallico dalle sue soluzioni.

126. *Il* Bismuto Bi *così detto dal nome* Wismuthblende *di un minerale che lo contiene, non fu sconosciuto agli alchimisti, ma rimase per confuso col lo* Sn *e col* Pb *finchè* Sthal *e* Duſay *non mostrarono che era un metallo particolare. Trovasi il* Bi *allo stato nativo, qualche volta cristallizzato in ottaedri, ed accompagna i minerali d'argento, di rame, di piombo e di cobalto. Il* Bi *che viene in commercio si purifica scaldandolo al rosso con un ventesimo del suo peso di nitrato di potassa, e ripetendo più volte l'operazione.*

Il Bi *è di colore bianco-giallicio che tende un poco al rosso. Ha struttura lamellare e cristallizza più facilmente d'ogni altro metallo. E' poco duttile, e la sua densità scema quando è compresso. Si fonde a 264° e mentre torna a solidificarsi si dilata come fa l'acqua. Ad altissima temperatura volatizza spandendo fumo all'aria, ma non è volatile a segno da poter essere distillato.*

Il Bi *non decompone l'acqua che ad altissima temperatura, nè si altera punto all'aria secca; ma all'aria umida lentamente si riveste di un sottilissimo stratarello bruno-rossastro di subossido. Scaldato all'aria brucia con fiamma blù accompagnata da fumo che condensato si presenta sotto forma di una polvere di color giallo-chiaro, ed è l'ossido di bismuto.*

L'acido cloroidrico concentrato appena attacca il Bi; *l'acido solforico non lo attacca se non concen-*

tratissimo ed a caldo; l'acido nitrico poi lo scioglie con molta energia e forma con esso un nitrato solubile in piccola quantità d'acqua.

I composti di Bi solubili in piccola quantità d'acqua come appunto il nitrato ed il cloruro hanno questo di proprio che le loro soluzioni s'intorbidano se vi si aggiunge una maggiore quantità d'acqua.

Il Bi unito al Pb ed allo Sn forma delle leghe che si chiamano per eccellenza leghe fusibili. La lega composta di una parte di Pb, una di Sn, e due di Bi si fonde a 93°; e se vi si aggiungono tre parti di mercurio, ne risulta un amalgama solido che si fonde a soli 50°. La lega formata di 4 parti di Bi, una di Cd, una di Sn e due di Pb si fonde fra i 65° ed i 71°.

Tutti i composti solubili di Bi trattati con i carbonati alcalini dànno un precipitato bianco insolubile in un eccesso del reattivo, lo danno giallo-ranciato coll'acido tannico e giallo chiaro col cromato di potassa. Lo Zn, il Fe e il Cu precipitano dalle sue soluzioni il Bi sotto forma di una massa nera e spongiosa.

Classe 6ª.

Mercurio	Oro
Argento	Rodio
Platino	Iridio
Palladio	Rutenio

127. *Questi metalli non decompongono mai l'acqua, difficilmente si combinano all'O, e quando vi sieno combinati lo abbandonano per solo effetto del calorico a più o meno elevata temperatura.*

Il Mercurio Hg è il solo metallo liquido alla temperatura ordinaria. Si trova nativo in globuli sparsi fra le fessure di alcune rocce, ed in combinazione col Cl, coll'argento, e sopratutto col solfo nel solfino volgarmente detto cinabro che è il più abbondante minerale di Hg. Si purifica il Hg per mezzo della distillazione, ma per averlo chimicamente puro fa d'uopo trattarlo a freddo con un decimo del suo peso di acido nitrico diluito.

Il Hg si solidifica a — 39° ed allora acquista un colore più simile all'argento di quando è liquido. Nel solidificarsi si dilata come l'acqua ed il bismuto, e come essi facilmente cristallizza in ottaedri regolari. La flessibilità, duttilità e tenacità del Hg solido sembra intermedia fra quella del

lo Sn e del Pb. Alla temperatura di 360° il Hg entra in ebollizione e passa rapidamente allo stato aereo; ma la sua lenta evaporazione ha luogo anche alla temperatura ordinaria, poichè una lamina d'oro s'imbianca sempre che viene tenuta a poca distanza dalla superficie del Hg.

Il Hg esposto all'aria anche umida alla temperatura ordinaria molto lentamente si copre di una pellicola nera di ossidulo; ma tenuto per lungo tempo ad una temperatura vicina al suo punto di ebollizione si trasforma in quel protossido rosso che gli antichi chiamavano precipitato per se. Crescendo l'azione del calorico, il protossido nuovamente si decompone in Hg ed O.

Nè l'acqua, nè alcuna sostanza liquida entra in intima soluzione col Hg. L'acido cloroidrico ed il solforico non l'attaccano; ma questo se concentrato e caldo lo trasforma in solfato. L'acido nitrico agisce con molta forza sul Hg, ed ora lo converte in nitrato di ossidulo, ora in nitrato di protossido secondo la sua quantità, concentrazione e temperatura. L'acqua regia contenente un eccesso di acido cloroidrico lo scioglie e trasmuta in bicloruro di mercurio detto comunemente sublimato corrosivo.

Quanto numerosi ed importanti sono gli usi del Hg, altrettanto gravi e frequenti sono i mali che produce sia in quelli che lungamente lo maneggiano, sia molto più in quelli che ne ispirano i vapori.

Il Hg forma con gli acidi due classi di sali; [illegible]

corrisponde all'ossido nero od ossidulo, e l'altra all'ossido rosso o protossido. I sali a base di ossidulo sono precipitati in nero dagli alcali, in verde sporco dal ioduro di potassio, ed in bianco dall'acido cloroidrico e dal cloruro di sodio. Quelli poi a base di protossido sono precipitati in giallo od in rossastro dalla potassa e dalla soda, e in rosso dal ioduro di potassio, ma non sono affatto precipitati dall'acido cloroidrico e dal cloruro di sodio. Se dunque una soluzione contenga de' sali di ossidulo e di protossido, per separarli basterà versare in essa dell'acido cloroidrico in eccesso, e tutto l'ossidulo rimarrà trasformato in protocloruro insolubile. Le soluzioni de' sali di Hg o sieno a basi di ossidulo o di protossido sono anche caratterizzate dall'imbiancare che fanno una lamina di rame o meglio d'oro che vi s'immerga

—

128. L'Argento Ag s'incontra nativo in masse amorfe o cristallizzate in cubi e dodecaedri, e sotto forma di vegetazioni e fili delicatissimi, ma più spesso disseminato nei minerali di rame, di piombo e di ferro, che perciò si dicono argentiferi. Si trova anche l'argento combinato al Solfo, al cloro, al bromo, a' iodio, al selenio, al tellurio, all'arsenico, all'oro, all'antimonio ed al mercurio. Anche l'Ag che dicesi raffinato non è mai purissimo ma si ottiene facendo lungamente bollire il suo cloruro in una soluzione di potassa e di zucchero, ovvero riducendo il cloruro medesimo colla Zn e coll'acido sol-

forico allungato.

L'Ag è molto duttile, tenace, sonoro e dotato di un gran potere riflettente. Alla temperatura ordinaria non si combina all'O, e l'appannamento che subisce questo metallo non è l'effetto dell'ossidazione ma della solfurazione dovuta alla presenza dell'acido solfoidrico che attacca l'Ag anche a freddo, e vi produce un solfuro d'argento nero. L'Ag neppure si combina all'O quando è mantenuto fuso a contatto dell'aria; ma in questo caso presenta un fenomeno eccezionale; giacchè mentre d'ordinario gli altri liquidi abbandonano a temperatura molto elevata quei gas che a temperatura più basse avevano assorbito, al contrario l'Ag liquido assorbe l'O fino a scioglierne un volume 22 volte maggiore del suo, e poi l'abbandona nell'atto che torna a solidificarsi. Da ciò dipende quel rigonfiamento o spumeggiamento e quel bagliore o lampo che spesso si osserva all'istante in cui l'Ag si solidifica. Che se l'argento venga portato al grado più alto d'incandescenza, e in questo stato venga investito da una corrente continuata di O, l'Ag brucia con fiamma verdastra, e si converte in protossido di colore verde oliva. Questo protossido esposto al calore anche di una lucerna si ripristina allo stato metallico; e lentamente si ripristina anche all'azione della luce, la quale lo trasforma prima in subossido e poi in metallo che attesa l'estrema divisione delle sue parti apparisce sotto forma di polvere nera. Il protossido d'Ag è solubilissimo nell'ammoniaca, e con essa

forma quella polvere eminentemente esplosiva che appellasi fulminato d'Argento.

Gli acidi organici non hanno azione sull'Ag neppure ve l'hanno gli acidi solforoso e fluoridrico. L'acido cloroidrico esercita sull'Ag un'azione debolissima, ed il solforico non lo attacca se non quando è concentrato e bollente: si forma allora un solfato d'argento che resta sciolto, e se l'Ag contenga dell'oro, questo è il miglior mezzo per separare l'uno dall'altro i due metalli. L'acido nitrico e l'acqua regia sciolgono rapidamente l'Ag, trasformandolo quello in nitrato, e questa in cloruro.

Il Hg si unisce all'Ag in tutte le proporzioni anche a freddo. Se il Hg è in dose più che quadrupla dell'Ag l'amalgama è liquido, ma spremuto entro una pelle di camoscio si divide in un amalgama solido che contiene almeno un terzo d'Ag, e in un amalgama liquido che ne contiene solo pochi millesimi.

Il calorico decompone facilmente questi amalgami; quindi è che per estrarre l'Ag dai minerali che ne sono molto ricchi si trattano col mercurio, e poi l'amalgama si sottomette alla distillazione. Ma le più utili leghe dell'Ag sono quelle che fa col rame, le quali hanno maggior durezza, duttilità ed elasticità dell'Ag puro. Di queste leghe sono formati gli utensili e le monete che diconsi di argento. Esse conservano a un dipresso il colore dell'Ag, finché il rame è in dose minore di un

stavo; ma cominciano a volgere al rosso tostochè il rame supera $\frac{1}{8}$ del loro peso.

Tutti i sali d'Ag sono un poco gialli se basici e bianchi se neutri, purchè l'acido non sia colorato, ma prontamente anneriscono sotto l'azione della luce solare. Le loro soluzioni sono precipitate in verde oliva dalla potassa e dalla soda, e l'ossido precipitato è solubile nell'ammoniaca. L'acido cloroidrico ed i cloruri producono nelle soluzioni de' sali d'Ag un precipitato bianco pesante di cloruro d'argento insolubile nell'acqua e negli acidi, che esposto alla luce passa al violetto e poi al nero. Questo fenomeno caratterizza meglio di ogni altro i sali d'Ag, il solo iposolfito eccettuato, perchè l'iposolfito doppio che si forma ha la proprietà di sciogliere il cloruro d'Ag. I metalli della terza e quarta sezione e specialmente il rame determinano la precipitazione dell'Ag dalle sue soluzioni, e il Hg vi determina delle brillantissime arborizzazioni aghiformi conosciute sotto il nome di albero di Diana.

129. Il Platino Pl è il più denso di tutti i corpi, e si crede che fosse noto anche agli antichi greci e romani. Il primo che nel secolo scorso lo fece conoscere in Europa fu il cap. Ulloa nella relazione del suo viaggio al Perù, dove da molto tempo gli Spagnoli avevano trovato questo metallo, che lo riguardavano come una specie d'Ag, epperò lo chiamarono platino da plata che nella loro lingua si

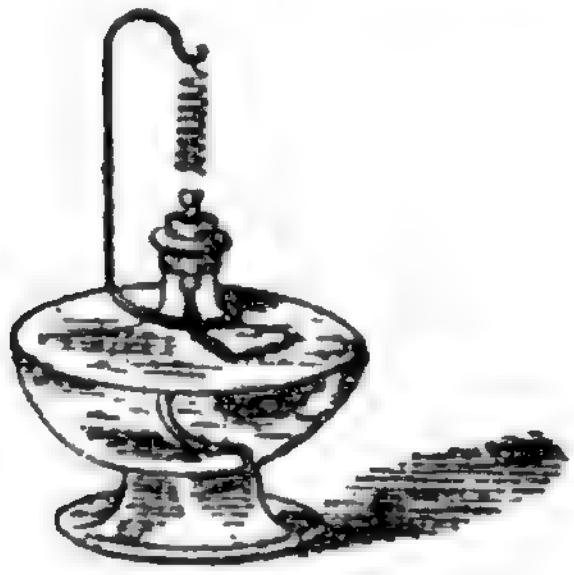
guifica argento. Il Pl non solo nell'America, ma pure nella Russia e Siberia si trova nativo in grani, pagliette, pepiti ed anche in masse di qualche kilogrammo, ma sempre unito con un poco di osmio, d'iridio, di rodio, di palladio, e talvolta anche di ferro, di rame, d'argento e d'oro. Il Pl che viene in commercio non è mai purissimo, e tiene sempre unito almeno un poco d'iridio che ne aumenta la durezza e scema la malleabilità. Per averlo purissimo fa d'uopo sciorlierlo nell'acqua regia, e poi versare nella soluzione del cloruro di potassio. Il precipitato giallo che si ottiene mescendo ad altrettanto carbonato di potassa, e portato al calor rosso si converte in una massa che trattata coll'acqua calda, lascia un residuo insolubile di puro Pl, misto all'ossido d'iridio. In questo residuo si versa dell'acqua regia che lascia indietro l'ossido d'iridio, e quindi col cloroidrato di ammoniaca si ottiene un precipitato di cloruro doppio di ammoniaca e di platino, che calcinato dà una massa porosa di platino purissimo che rappresi platino spugnoso. Questo poi per mezzo della compressione riducesi in massa compatta.

Il Pl è un poco men bianco dell'Ag, ma è capace di molto splendore. Quando è puro è duttile in sommo grado, ed appena la cede al ferro nella tenacità. Esso resiste senza fondersi al fuoco più intenso delle fornaci e solamente può fondersi per mezzo delle correnti elettriche e della fiam-

ma d' H alimentata dal puro O.

Il Pl è inalterabile all'aria, e direttamente non si combina mai all' O nè a freddo nè a caldo. Si può però avere un ossido di platino, decomponendo il suo protocloruro per mezzo di una soluzione di potassa caustica. Si ottiene così una polvere bruna che è il protossido di platino idrato, il quale poco sopra ai 100° perde l'acqua, e verso i 200° si decompone in O e Pl.

E' poi singolare l'azione catalitica che esercita il Pl specialmente nello stato di spugna o di estrema divisione (1). Esso infatti senza nulla dare o ricevere colla semplice sua presenza determina la combinazione dell'H coll'O (80), (donde ha avuto origine l'uso dell' acciarino a gas idrogene) e molte altre sintesi chimiche, fra le quali merita di essere annoverata l'ossidazione delle sostanze organiche volatili, donde ha avuto origine l'invenzione della lampada aflogistica. Consiste questa lampada in una lucerna ad alcool o ad etere, che ha sopra il lucignolo una spirale di filo di platino. Accesa la lucerna, la spirale s'infuoca al rosso, ed estinta la fiamma con un soffio, la spirale continua



(1). Il Pl allo stato di estrema divisione suol chiamarsi

ma a rimanere infuocata per giorni interi, cioè finchè dura la lenta evaporazione del liquido volatile.

Nella spugna di Pl e nel Pl estremamente diviso havvi di più la proprietà di condensare i gas in quantità molto maggiore degli altri corpi molto porosi. Il nero di Pl esposto all'aria giunge a condensare fino a 250 volte il suo volume d'O senza assorbire nulla del N che vi è in miscuglio: allo immerso in un'atmosfera d'H ne assorbe fino a 750 volumi. Il Pl perde col tempo ambedue queste proprietà di assorbire i gas e di determinare delle sintesi chimiche, ma le ricupera se venga infuocato al rosso, ovvero se s'immerga nell'acido nitrico e quindi si lavi e si scaldi.

L'acqua regia è il miglior solvente del Pl, che lo converte in bicloruro; è però un poco attaccato anche dall'acido nitrico mescolato o col iodoidrico o col bromoidrico o col fluoridrico. L'acido nitrico anche puro attacca il Pl, ma solamente quando trovasi

---

nero di platino, e si prepara facilmente col seguente metodo. Sciolto il Pl nell'acqua regia, e versatavi sopra una soluzione di cloruro di potassio, si ottiene un precipitato giallo, che è il cloruro doppio di platino e di potassio. Posto questo cloruro doppio sopra una lamina di zinco e bagnato con acido solforico concentrato, in brevissimo tempo si ottiene il Pl ridotto in polvere nera, che si lava con acido cloroidrico e poi con acqua e si asciuga.

in lega o coll'oro o coll'argento. Che se pochi son gli acidi che attaccano il Pl, non e' cosi' di altre sostanze non acide. Infatti la potassa, la soda, la calce e specialmente la barite e la litina al calor rosso lo alterano prontamente; lo stesso fanno i nitrati e solfuri alcalini, come pure il carbonio, il silicio, il solfo, l'arsenico, il fosforo e gli ossidi di rame, nickel e bismuto; di maniera che l'uso de' vasi di Pl nelle operazioni chimiche che esigono una temperatura molto elevata deve avere i suoi limiti.

Il Pl si allega a quasi tutti i metalli. Anche in piccola dose unito all' Ag gli concilia molta durezza. Unito al Cu forma una lega inalterabile all'aria e capace di gran pulimento, epperò adattatissima per formare gli specchi. Un dodicesimo di Pl basta a distruggere il color giallo dell'oro; se poi il Pl arrivi ad essere un quinto dell'oro, la lega ha sensibilmente il colore del Pl. Al contrario la lega di sette parti di Pl, una di Zn e sedici di Cu ha il colore stesso dell'oro.

Due sono le combinazioni che il Pl fa coll'O: l'ossido nero o protossido, e l'ossido rosso-bruno o biossido. Ambedue sono basi deboli, ed il protossido più del biossido. I sali a base di protossido non sono precipitati nè dalla potassa nè dal doppio cloruro di ammoniaca, purchè le soluzioni sieno bastevolmente diluite. Al contrario quelli a base di biossido sono precipitati in nero dalla potassa, ed in giallo dal cloruro di potassio e dal cloruro d'ammoniaca. Tutti poi i sali di Pl si di

protossido che di biossido ad elevata temperatura si riducono allo stato metallico.

=

130. Il Palladio Pd si trova nei minerali di Pl ed allo stato nativo nelle sabbie platinifere del Brasile donde fu estratto la prima volta da Wollaston nel 1803, ed ebbe il nome dal pianeta Pallade poco tempo prima scoperto da Olbers.

Il Pd è bianco, brillante, duro, malleabile e resiste al calorico quasi quanto il Pl. E' inalterabile all'aria ed all'acqua, e direttamente non si combina all'O; ma riscaldato fino al calor rosso coll'idrato di potassa o di soda, vi si combina e si ossida. Il Pd esercita sui gas l'azione catalitica non però coll'energia del Pl, ed entra in combinazione col solfo, col cloro, e col iodio e specialmente col carbonio, verso cui ha tanta affinità che esposto alla fiamma dell'alcool si ricopre esso di uno strato di carburo. Sebbene il miglior solvente del Pd sia l'acqua regia, pure sotto l'influsso del calorico è attaccato anche dall'acido nitrico, e si forma un nitrato di protossido di palladio, che è un ottimo reagente de' joduri. Versata infatti la soluzione di questo sale in un liquido che contenga de' cloruri, de' joduri e de' bromuri, vi determina la precipitazione del solo ioduro di Pd.

Il Pd si può in molti usi sostituire al Pl ed all'Ag, anzi sopra questo ha il vantaggio di rimanere annerito dalle esalazioni solforose. I

ma poi il Pd delle leghe duttili coll'oro, coll'argento, col platino e col nickel; forma delle leghe fragili col ferro, collo stagno, col rame e col piombo; e con somma facilità forma amalgama col mercurio.

Il Pd ha vari ossidi, ma il solo protossido è base salificabile. I suoi sali sono per la massima parte solubili e di colore rosso. Le loro soluzioni vengono precipitate in nero dalla potassa, dalla soda e dai loro carbonati, e in bianco-rossastro dall'ammoniaca. Tutti questi precipitati sono solubili in un eccesso del reattivo. Il Pd precipita dalle sue soluzioni allo stato di polvere finissima quando queste vengono trattate coi solfati di protossido di ferro, coll'alcool, con un metallo della terza e quarta classe o col mercurio.

---

131. L'Oro Au si trova nativo in piccole scaglie, in pagliette, in granelli, in pepiti, qualche volta purissimo, ma per lo più unito a qualche altro metallo come al rame, al ferro, allo stagno, all'indio e specialmente all'argento. Si estrae l'oro dai suoi minerali per lavacri e per amalgamazione o per cappellazione. Per lavacri quando il minerale ridotto in finissima polvere è trattato a più riprese coll'acqua, che lascia l'oro come più pesante al fondo. Per amalgamazione quando il minerale viene macinato a contatto del mercurio che ha per l'oro grandissima affinità, i quali sottomesso l'amalgama alla distillazione. Dopo la distil-

zione l'oro resta per lo più unito all'argento; per separarli si ricorre all'acido nitrico o al solforico bollente, che non attaccano l'oro e sciolgono l'Ag. Per coppellazione (così detta perchè ne' laboratorî si eseguisce in piccole coppe o coppelle fatte di ossa calcinate) quando il minerale si fonde con una certa quantità di piombo, che ossidandosi si separa dall'oro e dall'argento, seco traendo le sostanze eterogenee. Ma l'oro che si ottiene con questi metodi non è mai puro; per averlo tale si scioglie nell'acqua regia e fatta evaporare la soluzione, si riscioglie la massa residua nell'acqua stillata, e sul liquido filtrato si versa un eccesso di solfato di protossido di ferro che determina la precipitazione dell'oro purissimo sotto forma di una polvere bruna

L'oro puro è il più duttile de' metalli e quasi tanto molle quanto il piombo. Ridotto in gran sottigliezze dà passaggio alla luce e la colora in verde azzurro. Esige per fondersi una temperatura più elevata del rame e dell'argento, e nel liquefarsi cresce notabilmente in volume e prende il calore dell'acqua del mare. Tornando a stato solido cristallizza in cubi modificati da altre figure del sistema regolare, forme che talora s'incontrano anche nell'oro nativo.

Ad altissima temperatura l'oro evaporа sensibilmente ed arde con fiamma, convertendosi in una polvere porporina che non è un ossido, ma oro metallico estremamente diviso

L'O o non si combina direttamente all'O a me-

suna temperatura. Gli acidi cloroidrico, solforico, nitrico e solfoidrico non hanno azione sull'oro, e neppure ve l'hanno gli alcali e i carbonati alcalini. Il miglior solvente dell'oro è l'acqua regia, ma è attaccato anche da tutti quei miscugli acidi dai quali si sviluppa o il cloro o il bromo o lo iodio o il fluore o il cianogeno, come pure dai cianuri e solfuri alcalini.

Le combinazioni dell'oro coll' O e tutti gli altri composti dell'oro si ottengono dai suoi cloruri. Per preparare questi cloruri, sopra una parte di oro si versa l'acqua regia formata con tre parti di acido cloroidrico a 22° ed una di acido nitrico a 33° di Baumé, e se ne facilita la soluzione a dolce calore. Fatto evaporare lentamente il liquido, si ottiene per raffreddamento una massa cristallina di color giallo pallido che è il percloruro di oro combinato all'acido cloroidrico. Che se l'evaporazione si spinga più oltre, cioè finchè il liquido abbia preso un colore rosso-rubino cupo, la massa di color rosso carico che si ottiene col raffreddamento è il percloruro d'oro. Finalmente se il percloruro si scalda fino a 200° mantenendolo a questa temperatura finchè dura a svolgersi l'odore di cloro, esso convertesi in una massa di colore giallo verdastro che è il protocloruro di oro. A più elevata temperatura tutto il cloro si svolge e rimane l'oro metallico.

Triturando il protocloruro d'oro con una debole soluzione di potassa o di soda si ottiene il protos-

sido d'oro. E' una polvere verde se anidro, e d'un colore violetto carico se idrato. Questo protossido non fu mai l'ufficio di base, ma si comporta come un acido verso gli alcali, eppero' chiamasi anche acido aurico: una temperatura di 250° lo decompone in O ed oro.

L'oro si unisce a molti metalli, ma le sue leghe piu' interessanti sono con l'argento, col rame, col ferro e col mercurio. La lega di oro e d'argento e' piu dura de' componenti. Basta un ventesimo di argento perche' il colore dell'oro sia del tutto cambiato; esso diviene verde se l'argento sia circa un terzo. Il cosi' detto oro verde de' gioiellieri contiene 0,708 d'oro e 0,292 d'argento. La lega di oro e rame e' la piu usata per le monete e per l'oro lavorato. E' piu dura ma meno duttile e malleabile dell'oro. Col tempo si appanna per l'ossidazione del rame, ma riprende il colore primitivo se viene lavata coll'ammoniaca

La lega di oro e ferro si presta bene nel essere ingmmata e ricevere l'impronte. Essa costituisce l'oro grigio degli orefici.

L'oro anche solamente stropicciato col mercurio vi si unisce e diventa fragilissimo. Assai mole è l'amalgama di 33 Hg e 67 Au che s'impiega nella doratura a fuoco.

I reattivi piu' efficaci per iscoprire la presenza dell'oro nelle soluzioni sono: l'acido ossalico che a caldo vi determina la precipitazione dell'oro; il protocloruro di Stagno che vi produce un preci-

forico allungato.

L'Ag è molto duttile, tenace, sonoro e dotato di un gran potere riflettente. Alla temperatura ordinaria non si combina all'O, e l'appannamento che subisce questo metallo non è l'effetto dell'ossidazione ma della solfurazione dovuta alla presenza dell'acido solfoidrico che attacca l'Ag anche a freddo, e vi produce un solfuro d'argento nero. L'Ag neppure si combina all'O quando è mantenuto fuso a contatto dell'aria; ma in questo caso presenta un fenomeno eccezionale; giacchè mentre d'ordinario gli altri liquidi abbandonano a temperatura molto elevata quei gas che a temperatura più bassa avevano assorbito, al contrario l'Ag liquido assorbe l'O fino a scioglierne un volume 22 volte maggiore del suo, e poi l'abbandona nell'atto che torna a solidificarsi. Da ciò dipende quel rigonfiamento o spumeggiamento e quel bagliore o lampo che spesso si osserva all'istante in cui l'Ag si solidifica. Che se l'argento venga portato al grado più alto d'incandescenza, e in questo stato venga investito da una corrente continuata di O, l'Ag brucia con fiamma verdastra, e si converte in protossido di colore verde oliva. Questo protossido esposto al calore anche di una lucerna si ripristina allo stato metallico; e lentamente si ripristina anche all'azione della luce, la quale lo trasforma prima in subossido e poi in metallo che attesa l'estrema divisione delle sue parti apparisce sotto forma di polvere nera. Il protossido d'Ag è solubilissimo nell'ammoniaca, e con essa

forma quella polvere eminentemente esplosiva che appellasi fulminato d'Argento.

Gli acidi organici non hanno azione sull'Ag neppure ve l'hanno gli acidi solforoso e fluoridrico. L'acido cloroidrico esercita sull'Ag un'azione debolissima, ed il solforico non lo attacca se non quando è concentrato e bollente: si forma allora un solfato d'argento che resta sciolto, e se l'Ag contenga dell'oro, questo è il miglior mezzo per separare l'uno dall'altro i due metalli. L'acido nitrico e l'acqua regia sciolgono rapidamente l'Ag, trasformandolo quello in nitrato, e questa in cloruro.

Il Hg si unisce all'Ag in tutte le proporzioni anche a freddo. Se il Hg è in dose più che quadrupla dell'Ag l'amalgama è liquido, ma spremuto entro una pelle di camoscio si divide in un amalgama solido che contiene almeno un terzo d'Ag, e in un amalgama liquido che ne contiene solo pochi millesimi.

Il calorico decompone facilmente questi amalgami; quindi è che per estrarre l'Ag dai minerali che ne sono molto ricchi si trattano col mercurio, e poi l'amalgama si sottomette alla distillazione. Ma le più utili leghe dell'Ag sono quelle che fa col rame, le quali hanno maggior durezza, duttilità ed elasticità dell'Ag puro. Di queste leghe sono formati gli utensili e le monete che diconsi di argento. Esse conservano a un dipresso il colore dell'Ag, finché il rame è in dose minore di un

ottavo; ma comincia a volgere al rosso tostochè il rame supera $\frac{1}{8}$ del suo peso.

Tutti i sali d'Ag sono un poco gialli se basici e bianchi se neutri, perchè l'acido non sia colorato, ma prontamente anneriscono sotto l'azione della luce solare. Le loro soluzioni sono precipitate in verde oliva dalla potassa e dalla soda, e l'ossido precipitato è solubile nell'ammoniaca. L'acido cloroidrico ed i cloruri producono nelle soluzioni de' sali d'Ag un precipitato bianco pesante di cloruro d'argento insolubile nell'acqua e negli acidi, che esposto alla luce passa al violetto e poi al nero. Questo fenomeno caratterizza meglio di ogni altro i sali d'Ag, il solo iposolfito eccettuato, perchè l'iposolfito doppio che si forma ha la proprietà di sciogliere il cloruro d'Ag. I metalli della terza e quarta sezione e specialmente il rame determinano la precipitazione dell'Ag dalle sue soluzioni, e il Hg vi determina delle brillantissime arborizzazioni aghiformi conosciute sotto il nome di albero di Diana.

129. Il Platino Pl è il più denso di tutti i corpi, e si crede che fosse noto anche agli antichi greci e romani. Il primo che nel secolo scorso lo fece conoscere in Europa fu il cap. Ulloa nella relazione del suo viaggio al Perù, dove da molto tempo gli Spagnoli avevano trovato questo metallo, che lo riguardavano come una specie d'Ag, epperò lo chiamarono platina da plata che nella loro lingua si

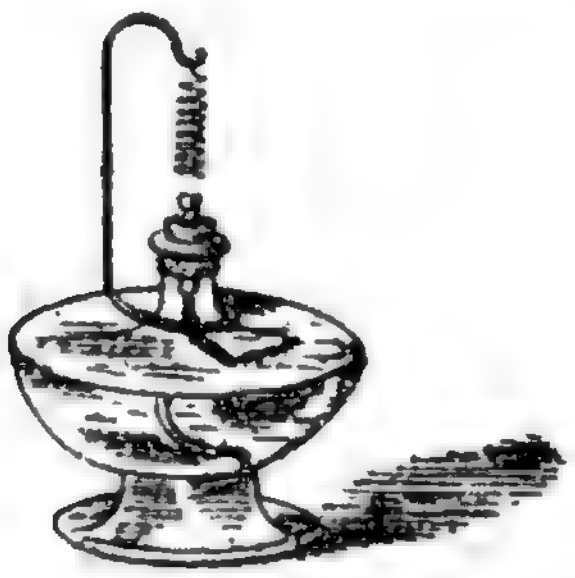
gnifica argento. Il Pl non solo nell'America, ma pure nella Russia e Siberia si trova nativo in grani, pagliette, pepiti ed anche in masse di qualche kilogrammo, ma sempre unito con un poco di osmio, d'iridio, di rodio, di palladio, e talvolta anche di ferro, di rame, d'argento e d'oro. Il Pl che viene in commercio non è mai purissimo, e tiene sempre unito almeno un poco d'iridio che ne aumenta la durezza e scema la malleabilità. Per averlo purissimo fa d'uopo scioglierlo nell'acqua regia, e poi versare nella soluzione del cloruro di potassio. Il precipitato giallo che si ottiene mescendo ad altrettanto carbonato di potassa, e portato al calor rosso si converte in una massa che trattata coll'acqua calda, lascia un residuo insolubile di puro Pl, misto all'ossido d'iridio. In questo residuo si versa dell'acqua regia che lascia indietro l'ossido d'iridio, e quindi col cloroidrato di ammoniaca si ottiene un precipitato di cloruro doppio di ammoniaca e di platino, che calcinato dà una massa porosa di platino purissimo che appellasi platino spugnoso. Questo poi per mezzo della compressione riducesi in massa compatta.

Il Pl è un poco men bianco dell'Ag, ma è capace di molto splendore. Quando è puro è duttile in sommo grado, ed eguaglia la coda del ferro nella tenacità. Esso resiste senza fondersi al fuoco più intenso delle fornaci e solamente può fondersi per mezzo delle correnti elettriche e della fiam-

ma d'H alimentata dal puro O.

Il Pl è inalterabile all'aria, e direttamente non si combina mai all'O nè a freddo nè a caldo. Si può però avere un ossido di platino, decomponendo il suo protocloruro per mezzo di una soluzione di potassa caustica. Si ottiene così una polvere bruna che è il protossido di platino idrato, il quale poco sopra cui 100° perde l'acqua, e verso i 200° si decompone in O e Pl.

E' poi singolare l'azione catalitica che esercita il Pl specialmente nello stato di spugna o di estrema divisione (1). Esso infatti senza nulla dare o ricevere colla semplice sua presenza determina la combinazione dell'H coll'O (80), (donde ha avuto origine l'uso dell'acciarino a gas idrogene) e molte altre sintesi chimiche, fra le quali meritа di essere annoverata l'ossidazione delle sostanze organiche volatili, donde ha avuto origine l'invenzione della lampada aflogistica. Consiste questa lampada in una lucerna ad alcool o ad etere, che ha sopra il lucignolo una spirale di filo di platino. Accesa la lucerna, la spirale s'infiocca al rosso, ed estinta la fiamma con un soffio, la spirale continu-



(1). Il Pl allo stato di estrema divisione suol chiamarsi

ma a rimanere infuocata per giorni interi, cioè finchè dura la lenta evaporazione del liquido volatile.

Nella spugna di Pl e nel Pl estremamente diviso havvi di più la proprietà di condensare i gas in quantità molto maggiore degli altri corpi molto porosi. Il nero di Pl esposto all'aria giunge a condensare fino a 250 volte il suo volume d'O senza assorbire nulla del N che vi è in miscuglio: ed immerso in un'atmosfera d'H ne assorbe fino a 750 volumi. Il Pl perde col tempo ambedue queste proprietà di assorbire i gas e di determinare delle sintesi chimiche, ma le ricupera se venga infuocato al rosso, ovvero se s'immerga nell'acido nitrico e quindi si lavi e si scaldi.

L'acqua regia è il miglior solvente del Pl, che lo converte in bicloruro; e però un poco attaccato anche dall'acido nitrico mescolato o col idroidrico o col bromoidrico o col fluoridrico. L'acido nitrico anche puro attacca il Pl, ma solamente quando trovasi

---

neto di platino, e si prepara facilmente col seguente metodo. Sciolto il Pl nell'acqua regia, e versatavi sopra una soluzione di cloruro di potassio, si ottiene un precipitato giallo, che è il cloruro doppio di platino e di potassio. Posto questo cloruro doppio sopra una lamina di zinco e bagnato con acido solforico concentrato, in brevissimo tempo si ottiene il Pl ridotto in polvere nera, che si lava con acido cloroidrico e poi con acqua e si asciuga.

in lega o coll'oro o coll'argento. Che se pochi son gli acidi che attaccano il Pl, non è così di altre sostanze non acide. Infatti la potassa, la soda, la calce e specialmente la barite e la litina al calor rosso lo alterano prontamente; lo stesso fanno i nitrati e solfuri alcalini, come pure il carbonio, il silicio, il solfo, l'arsenico, il fosforo e gli ossidi di rame, nickel e bismuto; di maniera che l'uso de' vasi di Pl nelle operazioni chimiche che esigono una temperatura molto elevata deve avere i suoi limiti.

Il Pl si allega a quasi tutti i metalli. Anche in piccola dose unito all' Ag gli concilia molta durezza Unito al Cu forma una lega inalterabile all'aria e capace di gran pulimento, epperò adattatissima per formare gli specchi. Un dodicesimo di Pl basta a distruggere il color giallo dell'oro; se poi il Pl arrivi ad essere un quinto dell'oro, la lega ha sensibilmente il colore del Pl. Al contrario la lega di sette parti di Pl, una di Zn e sedici di Cu ha il colore stesso dell'oro.

Due sono le combinazioni che il Pl fa coll'O: l'ossido nero o protossido, e l'ossido rosso-bruno o biossido. Ambedue sono basi deboli, ed il protossido più del biossido. I sali a base di protossido non sono precipitati nè dalla potassa nè dall'idrato di ammoniaca, purchè le soluzioni sieno bastevolmente dilute. Al contrario quelli a base di biossido sono precipitati in nero dalla potassa, ed in giallo dal cloruro di potassio e dal cloridrato d'ammoniaca. Tutti poi i sali di Pl si di

protossido che di biossido ad elevata temperatura si riducono allo stato metallico.

=

130. Il Palladio Pd si trova nei minerali di Pl ed allo stato nativo nelle sabbie platinifere del Brasile donde fu estratto la prima volta da Wollaston nel 1803, ed ebbe il nome dal pianeta Pallade poco tempo prima scoperto da Olbers.

Il Pd è bianco, brillante, duro, malleabile e resiste al calorico quasi quanto il Pl. E' inalterabile all'aria ed all'acqua, e direttamente non si combina all'O; ma riscaldato fino al calor rosso coll'idrato di potassa o di soda, vi si combina e si ossida. Il Pd esercita sui gas l'azione catalitica non però coll'energia del Pl, ed entra in combinazione col solfo, col cloro, e col iodio e specialmente col carbonio, verso cui ha tanta affinità che esposto alla fiamma dell'alcool si ricopre di uno strato di carburo. Sebbene il miglior solvente del Pd sia l'acqua regia, pure sotto l'influsso del calorico è attaccato anche dall'acido nitrico, e si forma un nitrato di protossido di palladio, che è un ottimo reagente de' ioduri. Versata infatti la soluzione di questo sale in un liquido che contenga de' cloruri, de' ioduri e de' bromuri, vi determina la precipitazione del solo ioduro di Pd.

Il Pd si può in molti usi sostituire al Pl e all'Ag, anzi sopra questo ha il vantaggio di rimanere annerito dalle esalazioni solforose. I

ma poi il Pd delle leghe duttili coll'oro, coll'argento, col platino e col nichel; forma delle leghe fragili col ferro, collo stagno, col rame e col piombo; e con somma facilità forma amalgama col mercurio.

Il Pd ha vari ossidi, ma il solo protossido è base salificabile. I suoi sali sono per la massima parte solubili e di colore rosso. Le loro soluzioni vengono precipitate in nero dalla potassa, dalla soda e dai loro carbonati, e in bianco-rossastro dall'ammoniaca. Tutti questi precipitati sono solubili in un eccesso del reattivo. Il Pd precipita dalle sue soluzioni allo stato di polvere finissima quando queste vengono trattate coi solfati di protossido di ferro, coll'alcool, con un metallo della terza e quarta classe o col mercurio.

---

151. L'Oro Au si trova nativo in piccole scaglie, in pagliette, in granelli, in pepiti, qualche volta purissimo, ma per lo più unito a qualche altro metallo come al rame, al ferro, allo stagno, all'iridio e specialmente all'argento. Si estrae l'oro dai suoi minerali per lavacri e per amalgamazione o per cappellazione. Per lavacri quando il minerale ridotto in finissima polvere è trattato a più riprese coll'acqua, che lascia l'oro come più pesante al fondo. Per amalgamazione quando il minerale viene macinato a contatto del mercurio che ha per l'oro grandissima affinità, i granuli amalgamano l'amalgama alla distillazione. Dopo la distil-

zione l'oro resta per lo più unito all'argento; per separarli si ricorre all'acido nitrico o al solforico bollente, che non attaccano l'oro e sciolgono l'Ag. Per coppellazione (così detta perchè ne' laboratorî si eseguisce in piccole coppe o coppelle fatte di ossa calcinate) quando il minerale si fonde con una certa quantità di piombo, che ossidandosi si separa dall'oro e dall'argento, seco traendo le sostanze eterogenee. Ma l'oro che si ottiene con questi metodi non è mai puro; per averlo tale si scioglie nell'acqua regia e fatta evaporare la soluzione, si scioglie la massa residua nell'acqua stillata, e sul liquido filtrato si versa un eccesso di solfato di protossido di ferro che determina la precipitazione dell'oro purissimo sotto forma di una polvere bruna

L'oro puro è il più duttile de' metalli e quasi tanto molle quanto il piombo. Ridotto in gran sottigliezze dà passaggio alla luce e la colora in verde azzurro. Esige per fondersi una temperatura più elevata del rame e dell'argento, e nel liquefarsi cresce notabilmente in volume e prende il colore dell'acqua del mare. Tornando a stato solido cristallizza in cubi modificati da altre figure del sistema regolare, forme che talora s'incontrano anche nell'oro nativo.

Ad altissima temperatura l'oro evapora sensibilmente ed arde con fiamma, convertendosi in una polvere porporina che non è un ossido, ma oro metallico estremamente diviso.

L'O non si combina direttamente all'O a mez

suna temperatura. Gli acidi cloroidrico, solforico, nitrico e solfoidrico non hanno azione sull'oro, e neppure ve l'hanno gli alcali e i carbonati alcalini. Il miglior solvente dell'oro è l'acqua regia, ma è attaccato anche da tutti quei miscugli acidi dai quali si sviluppa o il cloro o il bromo o lo iodio o il fluore o il cianogeno, come pure dai cianuri e solfuri alcalini.

Le combinazioni dell'oro coll' O e tutti gli altri composti dell'oro si ottengono dai suoi cloruri. Per preparare questi cloruri, sopra una parte di oro si versa l'acqua regia formata con tre parti di acido cloridrico a 22° ed una di acido nitrico a 33° di Baumé, e se ne facilita la soluzione a dolce calore. Fatto evaporare lentamente il liquido, si ottiene per raffreddamento una massa cristallina di color giallo pallido che è il percloruro di oro combinato all'acido cloroidrico. Che se l'evaporazione si spinga più oltre, cioè finchè il liquido abbia preso un colore rosso-rubino cupo, la massa di color rosso carico che si ottiene col raffreddamento è il percloruro d'oro. Finalmente se il percloruro si scalda fino a 200° mantenendolo a questa temperatura, finchè dura a svolgersi l'odore di cloro, esso convertesi in una massa di colore giallo verdastro che è il protocloruro di oro. A più elevata temperatura tutto il cloro si svolge e rimane l'oro metallico.

Triturando il protocloruro d'oro con una debole soluzione di potassa o di soda si ottiene il protos-

sido d'oro. E' una polvere verde se anidro, e d'un colore violetto carico se idrato. Questo protossido non fu mai l'ufficio di base, ma si comporta come un acido verso gli alcali, eppero' chiamasi anche acido aurico: una temperatura di 250° lo decompone in O ed oro.

L'oro si unisce a molti metalli, ma le sue leghe piu' interessanti sono con l'argento, col rame, col ferro e col mercurio. La lega di oro e d'argento e' piu dura de' componenti. Basta un ventesimo di argento perche' il colore dell'oro sia del tutto cambiato; esso diviene verde se l'argento sia circa un terzo. Il cosi' detto oro verde de' gioiellieri contiene 0,708 d'oro e 0,292 d'argento. La lega di oro e rame e' la piu usata per le monete e per l'oro lavorato. E' piu dura ma meno duttile e malleabile dell'oro. Col tempo si appanna per l'ossidazione del rame, ma riprende il colore primitivo se viene lavata coll'ammoniaca

La lega di oro e ferro si presta bene all'essere illuminata e ricevere l'impronte. Essa costituisce l'oro grigio degli orefici.

L'oro anche solamente strofinato col mercurio vi si unisce e diventa fragilissimo. Assai molle è l'amalgama di 33 **Hg** e 67 **Au** che s'impiega nella doratura a fuoco.

I reattivi piu' efficaci per iscoprire la presenza dell'oro nelle soluzioni sono: l'acido ossalico che a caldo vi determina la precipitazione dell'oro; il protocloruro di Stagno che vi produce un preci-

pitato bruno più o meno tendente al violaceo, e il solfato di protossido di ferro che fa precipitar l'oro sotto forma di una polvere oscura che prende lo splendore metallico per la pressione. Questi reattivi però non valgono a svelare l'oro nelle soluzioni di iposolfito doppio d'oro e soda, dalle quali invece l'oro è precipitato per la sola azione del calorico ovvero dell'acido nitrico

==

132. I tre ultimi metalli di questa classe non hanno gli ossidi riducibili per solo calorico; ciononostante si collocano nella classe dell'oro e del platino, perchè hanno con essi molta analogia ed unicamente si trovano nelle loro miniere.

==

Il Rodio Ro ha un colore simile al Pl ed è più difficile a fondersi del Pl stesso. Nessun'acido lo scioglie quando è puro, ma la potassa e la soda lo attaccano al calor rosso e lo convertono in sesquiossido. E' inalterabile all'aria alla temperatura ordinaria e solamente si combina all' O quando estremamente diviso viene esposto al calor rosso; in questo caso si trasforma in protossido nero, ne' più abbandona l' O per quanto cresca la temperatura. Il Ro si combina al cloro, al solfo e a varî metalli ai quali conciha molta durezza. Il sesquiossido è il solo ossido di Ro salificabile, e le soluzioni di questi sali sono color di rosa, donde è venuto il nome di rodio

==

L'Iridio Ir così chiamato perchè le soluzioni de' suoi sali presentano i colori dell'iride difficilmente si ottiene in massa compatta. Preparato mediante la calcinazione del cloruro doppio d'iridio e d'ammoniaca ci si offre sotto la forma spugnosa di colore grigio che prende per attrito lo splendore metallico.

L'Ir resiste al calorico senza fondersi più del Pl, e quando è puro non è attaccato da nessun acido, neppure dall'acqua regia. Esposto all'aria assorbe più di 200 volumi d'O, ma non si ossida se non quando viene scaldato al rosso insieme colla potassa, ed allora si trasforma in sesquiossido irreducibile per sola aumento di temperatura. Al calor rosso si combina anche al cloro e forma il sesquicloruro. L'Ir allegandosi ai metalli anche in piccolissima dose li rende più fragili e meno duttili; deve però eccettuarsi la lega che fa col Pl, la quale purchè l'Ir sia in tenue quantità è più dura e poco meno duttile del Pl.

—

Il Rutenio Ru somiglia molto all'iridio con cui per molto tempo è stato confuso. Il criterio più spedito per distinguere l'uno dall'altro questi due metalli è il peso specifico che nell'Ir è circa il doppio. Il Ru è fragile, quasi infusibile, ed è appena attaccato dall'acqua regia. Al calor rosso si unisce all'O e forma un ossido difficile a ridursi; alla stessa temperatura si unisce anch-

al cloro, e forma un protocloruro nero infusibile nell'acqua e negli acidi.

Dell'affinità chimica

133. Sebbene sia molto verisimile che le molecule di qualsiasi corpo abbiano qualche affinità (44) per quelle di qualunque altro corpo, pure allorquando vediamo due corpi come acqua ed olio che mescolati assieme ricusano di unirsi chimicamente, e abbandonati a se stessi si separano come richiede il loro peso specifico, diciamo che fra quei corpi in quelle circostanze non vi è affinità. All'incontro quando vediamo l'olio e la soluzione di potassa mischiati assieme formare un sapone, cioè una sostanza che nelle qualità fisiche e chimiche differisce dai componenti, diciamo che v'è affinità fra l'olio e la potassa, ed il prodotto di questa affinità lo diciamo una combinazione chimica o un composto.

„ All'affinità chimica fa contrasto la coesio-
„ ne „, la quale ritenendo congiunte le molecule omogenee è un ostacolo all'unirsi di ciascuna di esse a quelle di un altro corpo. Quindi è che poche sostanze allo stato solido operano chimicamen-

te le une sulle altre, e per lo più onde segua la combinazione di due corpi non basta che sieno messi a contatto, ma è necessario che almeno uno di essi sia ridotto a stato liquido per via di fusione o di soluzione. Alcune volte il semplice polverizzamento è sufficiente a rendere efficace l'affinità di due corpi; così vediamo il ferro ed il solfo finamente divisi unirsi a formare il solfuro di ferro solo che sieno mescolati assieme ed impastati con acqua.

„ L'affinità chimica di un corpo è molto va-
„ ria verso le diverse sostanze „. L'O p. e. combinasi colla massima facilità ai metalli della prima classe, con minore a quelli delle altre, ed è difficilissimo il farlo combinare a quelli della sesta; anzi con alcuni di essi ricusa affatto di unirsi direttamente. Se in una soluzione di nitrato d'argento s'introduca una lamina di rame, l'argento precipita e si forma il nitrato di rame. Si vede dunque che l'ossigene e l'acido nitrico hanno rispettivamente minore affinità con l'argento e coll'ossido d'argento che non col rame e coll'ossido di rame. Per la stessa ragione precipita il rame se nella soluzione di nitrato di rame s'introduca il ferro. Ma non è sempre così facile il decidere quale delle due affinità sia la prevalente.

„ Anche negli stessi corpi l'affinità chimica
„ varia moltissimo al variare delle circostanze „.
Fra queste circostanze tiene il primo luogo la tem-

peratura. L'ossigene e l'idrogene che mescolati assieme non si combinano alla temperatura ordinaria, scaldati all'istante si uniscono e formano l'acqua. Il bruciarsi dell'olio, dell'alcool, della cera &c. è un combinarsi de' loro elementi coll'O dell'aria; ciò però non accade senza previa elevazione di temperatura. Ma sebbene l'elevazione di temperatura sia spesso necessaria alle combinazioni, pure una temperatura molto elevata indebolisce l'affinità per modo che il calorico non è meno efficace nel produrre le analisi che le sintesi chimiche. Già vedemmo che quasi tutti i metalli della sesta classe si ripristinano dai loro ossidi per mezzo del solo calorico.

„ Alcune sostanze hanno affinità chimiche più „ forti quando sono allo stato nascente „ cioè nell'atto che escono libere da qualche combinazione. Così l'idrogene e il nitrogene non si combinano quando vengo mescolati assieme e riscaldati, ma se ambedue s'incontrano in un medesimo liquido allo stato nascente prontamente si uniscono e producono l'ammoniaca.

„ Alle volte l'affinità di due sostanze diviene „ più energica per la presenza di un corpo „ capace di combinarsi al composto che quelle so„ stanze tendono a produrre„. Lo zinco p. e. non ha per l'ossigene affinità sufficiente da toglierlo all'acqua, ma se vi sia la presenza dell'acido solforico che ha grande affinità coll'ossido di zinco, lo zinco si ossida, si forma il solfato di

zinco e l'idrogene resta in libertà. L'azione con che l'acido solforico determina il zinco ad ossidarsi chiamasi dai chimici predisponente; ma il dare ragione di questa specie di affinità non è forse meno difficile che nel caso della semplice azione di contatto o catalitica.

Si dice affinità doppia o complessa quella per cui mischiate assieme due soluzioni saline, ciascuna base lascia il suo acido e prende quello dell'altra. Se p. e. si versi del carbonato di potassa in una soluzione di solfato di zinco, si ottengono due nuovi sali; il solfato di potassa che resta sciolto e il carbonato di potassa insolubile.

Allorchè l'affinità di due sostanze non è assai forte da produrre le molecule o atomi composti, il prodotto dell'affinità a rigore di termini non si chiama combinazione o composto ma mescolanza chimica. Tali sono le soluzioni de' solidi, dei liquidi e dei fluidi aerei; tali anche sono la massima parte delle leghe metalliche ed amalgame. Nelle mescolanze chimiche però la vicendevole interposizione delle molecule eterogenee è talmente uniforme che le migliori lenti non scuoprono in esse nulla di eterogeneo; ed in ciò si distinguono dalle mescolanze puramente meccaniche, che risultano dall'unione di piccole ma sensibili masse interposte le une alle altre. Le mescolanze chimiche poi si distinguono dalle vere combinazioni: 1° per non rimanere in esse neutralizzate le proprietà de' componenti; le quali soltanto sono rese meno energiche come scorgesi nel

sale comune sciolto nell' acqua e nell'alcool ed acidi diluiti ; 2° per non essere determinate le proporzioni in cui si trovano uniti i componenti, come vediamo nell'acqua che può mescersi coll'alcool in qualsivoglia proporzione, e così pure con un sale che vi si sciolga, purchè questo non oltrepassi una certa dose che suol variare al variare della temperatura.

Leggi
delle combinazioni chimiche

134. Dall'epoca in cui s'incominciò a introdurre la misura e il peso nelle operazioni chimiche fino a noi tutte le analisi che si sono fatte de' composti ci mostrano soggetti a due leggi; l'una detta delle proporzioni definite, e l'altra de' multipli.

La legge delle proporzioni definite si suol enunciare in questi termini: „ in ogni composto il rapporto fra le quantità ponderali degli elementi che „ lo compongono è sempre costante „, ed eccone la dichiarazione.

Se una quantità qualunque di acqua purissima si sottomette all'analisi, non solamente si risolve sempre in ossigene ed idrogene, ma la massa di quello sta alla massa di questo nel rapporto invariabile di 8 : 1.

Analizzando una qualsiasi quantità di acido iposolforoso costantemente si trova che il peso del solfo ottenuto sta al peso dell' O come 2: 1.

Se prendiamo ad analizzare un composto di ordine più elevato p. e. il solfato di calce troviamo sempre che i pesi dell' acido solforico e della calce sono fra loro come 10 : 7.

La stessa invariabilità di rapporti fra le masse de' componenti si trova in qualsivoglia altro composto

si di primo che di ordine più elevato che si prenda ad analizzare: dunque le leggi delle proporzioni determinate esprime un fatto certo ed universale.

La legge dei multipli risguarda i composti che risultano dall'unione degli stessi elementi, e si enuncia così „ ciascuna delle diverse quantità con cui „ una sostanza si combina ad un'altra è mul- „ tipla della più piccola. „ Alcuni esempi faranno ciò assai chiaro.

Abbiamo veduto che nell'acido iposolforoso il solfo sta all'ossigene come 2:1. Se ora ci facciamo ad analizzare gli acidi solforoso e solforico troviamo che in quello il solfo sta all' ossigene come 2:2, ed in questo come 2:3; dunque le diverse quantità di ossigene che in questi tre acidi sono combinate alla medesima quantità di solfo sono proporzionali ai numeri 1.2,3, eppero multiple della più piccola.

Parimenti dalle analisi delle combinazioni che fa il Cl coll' O si hanno i risultati seguenti

Acido ipocloroso	Cl:O	1:1 ,
„ cloroso		1:3 ,
„ ipoclorico		1:4 ,
„ clorico		1:5 ,
„ perclorico		1:7 ;

donde apparisce che restando sempre la stessa quantità di cloro, le quantità d'ossigene in questi composti sono multiple della più piccola.

Anche le analisi de' sali che risultano della stessa

base e del medesimo acido ci conducono alla stessa conclusione. Così p. e. a 12 di potassa si trovano combinate 25 parti di acido solforico nel solfato di potassa e 50 nel bisolfato di potassa.

Alcuni composti sembrano al primo aspetto sottrarsi alla legge de' multipli, ma queste anomalie non sono che apparenti. Nei composti p. e. che fa il ferro coll'ossigeno noi troviamo

Per l'ossido di ferro Fe : O = 7 : 2 ,

Per il sesquiossido Fe : O = 7 : 3 = 14 : 6 ,

Per il triossido Fe : O = 7 : 6 .

Se la quantità di ossigene che entra in ciascuno di questi composti si riferisce sempre alla stessa quantità 7 di ferro, pare che la legge de' multipli non abbia luogo poiche 3 non è multiplo di 2: ma se l'ossigene del sesquiossido si riferisce non a 7 ma al doppio ossia a 14 di ferro, ognuno vede che la legge de' multipli si verifica in ambedue i componenti, dacché 14 e 6 sono rispettivamente multipli di 7 e di 2. La differenza fra questo e gli esempi precedenti consiste unicamente in ciò che qui abbiamo un composto (il sesquiossido) in cui anche l'elemento positivo cioè il ferro presenta una quantità diversa e multipla di quella che ci presenta nel protossido e nel trinssido ; laddove negli esempi precedenti la quantità dell'elemento positivo si è trovata sempre costante rispet

to a tutte le diverse quantità dell' elemento negativo.

Molte altre combinazioni si conoscono nelle quali ambedue gli elementi si uniscono in quantità variabili; ma ossia che uno degli elementi immediati al variare dell'altro rimanga sempre costante, che é il caso ordinario, ossia che in alcune combinazioni varino ambedue non si é fin qui trovata eccezione alcuna alla regola de' multipli.

Equivalenti chimici

135. Le più piccole quantità relative con che le diverse sostanze entrano fra loro in combinazione si appellano gli equivalenti chimici delle sostanze medesime, e si sogliono riferire all'equivalente dell'ossigene che si rappresenta per 100.

E' molto facile determinare l'equivalente di una sostanza allorchè si conosce il composto binario di prim'ordine in cui l'ossigene e la sostanza di cui si cerca l'equivalente sono combinati assieme nelle più piccole proporzioni possibili. Sapendosi p. e. che l'analisi chimica non ha finqui scoperto un composto nel quale l'O e l'H entrino in dose minore l'uno relativamente all'altro che nell'acqua, e sapendosi inoltre che in questa (134)

$$O : H = 8 : 1 ,$$

è manifesto che se l'equivalente dell'O si rappresenta per 1 quello dell'H sarebbe $\frac{1}{8}$, dunque nell'ipotesi che l'equivalente dell'O si rappresenti per 100, quello dell'H sarà

$$\frac{100}{8} = 12,5 .$$

Colla stessa facilità si trova l'equivalente del solfo, dachè i risultati delle analisi chimiche ci mostrano che l'acido iposolforoso e quel composto in

cui il S e l'O entrano nelle più piccole dosi relative. Infatti dalla proporzione (134)

$$S : O = 2 : 1$$

immediatamente apparisce che l'equivalente del S è doppio di quello dell'O e però = 200.

Per determinare l'equivalente di una sostanza non è necessario che il binario composto delle minime quantità relative che si prende ad analizzare contenga per l'altro elemento l'O; basta che l'equivalente dell'altro elemento sia conosciuto. Vogliasi p. e. l'equivalente del bromo. Posto che l'acido bromoidrico risulti delle più piccole quantità relative di Br e d'H, dall'analisi chimica di questo acido abbiamo

$$Br : H = 80 : 1 ,$$

ora se quando l'H è 1, il Br è 80, quando l'H sia 12,5 cioè in dose eguale al suo equivalente, qual sarà la quantità del Br? A ciò risponde la proporzione

$$80 : 1 = x : 12,5 ,$$

che dà 1000 per l'equivalente del Br.

Da questi esempi apparisce che se all'acido iposolforoso togliamo 200 di S ed in sua vece poniamo 12,5 d'H, l'acido iposolforoso si trasforma in acqua; e se in questa si sostituiscano 1000 di Br a 100 d'O, l'acqua si cangia in acido bromoidrico. Hanno dunque gli equivalenti la proprietà di

potere esser sostituiti l'uno all'altro in un composto senza che l'elemento sostituito sia in eccesso o in difetto relativamente all'altro con cui è entrato in combinazione. Per questa rimarchevole proprietà hanno avuto il nome di equivalenti, cioè di quantità che valgono egualmente nella formazione de' composti.

Alcuni Chimi riferiscono gli equivalenti non a quello dell' O fatto = 100, ma a quello dell' H fatto = 1. Per ottenere gli equivalenti in questa seconda ipotesi fa duopo dividere per 12,5 ciascun degli equivalenti ottenuti nella prima. E siccome i numeri che esprimono gli equivalenti nell'ipotesi dell'equivalente dell' O = 100 sono evidentemente proporzionali ai numeri da cui sono espressi gli equivalenti nell'ipotesi dell'equivalente dell' H o di qualunque altra sostanza semplice fatto eguale all'unità, perciò gli equivalenti sono anche chiamati numeri proporzionali (1).

---

(1). L'ipotesi di Prout cioè che „gli equivalenti di tutte le sostanze semplici sono multipli esatti dell' equivalente dell' H „ è il motivo che ha indotto alcuni chimici a riferire gli equivalenti a quello dell' H fatto = 1. Ma sebbene questa ipotesi non sia priva di fondamento, perchè le anomalie che si osservano possono forse attribuirsi agli errori inevitabili nelle esperienze, pure nello stato attuale della Chimica mancano i dati per decidere con certezza se tutti o solamente alcuni corpi semplici abbiano gli equivalenti multipli esatti di quello dell' H.

Ma sia che gli equivalenti si riferiscano all'O sia che si riferiscano all'H, la loro determinazione non è sempre così facile come si potrebbe credere. Anzi in alcuni casi non si può decidere con certezza quale sia il vero equivalente di una sostanza. Se p. e ci facciamo a determinare l'equivalente del bromo dall'acido bromico che è l'unico composto finora conosciuto di Br e d'O, poichè dall'analisi di questo acido abbiamo

$$Br : O = 2 : 1 ,$$

l'equivalente del Br sarebbe 200 invece di 1000 come si è trovato per mezzo dell'acido bromoidrico. Quale di questi due numeri esprimerà il vero equivalente del Br? I risultati dell'analisi de' due acidi non possono sciogliere immediatamente la questione, perchè in ciascuno di essi è diverso l'elemente combinato al Br. Ciononostante si tiene dai chimici che l'equivalente del Br sia 1000; poichè le analisi de' composti analoghi agli acidi bromoidrico e bromico rendono più probabile l'opinione che nell'acido bromico l'O non entri colla dose più piccola possibile, ma sibbene con una dose quintupla del suo equivalente. E se così è, ad ottenere l'equivalente del Br mediante l'acido bromico si dovrà stabilire la proporzione in questo modo

$$2 \cdot 1 = x : 5.100 ,$$

donde risulta $x = 1000$ come si ottiene dall'analisi del

l'acido bromoidrico.

Parimenti se prendiamo a determinare l'equivalente dell'alluminio dall'allumina che è l'unica combinazione conosciuta dell'alluminio coll'O; dall'analisi chimica dell'allumina abbiamo

$$O : Al = 46,74 : 53,26 .$$

Se dunque l'allumina risultasse di un equivalente di metallo e uno d'O, l'equivalente dell'Al sarebbe 113,95, poichè

$$46,74 : 53,26 = 100 : x = 113,96$$

Ma si oppone a questa deduzione il fatto che „ i corpi isomorfi hanno in generale la stessa costitu„ zione molecolare, cioè sono composti di uno stes„ so numero di equivalenti (1)„, e l'allumina è isomorfa agli ossidi di manganese e di ferro che risultano di due equivalenti di metallo e tre d'ossigene. Attenendoci a questa analogia l'equivalente dell'alluminio si dovrà cercare colla proporzione

$$46,74 : 53,26 = 300 : 2x = 341,85,$$

che da per l'equivalente dell'Al $x = 170,92$.

---

(1). Questo fatto è conosciuto in chimica sotto il nome di legge di Mitscherlich o dell'isomorfismo, ed è di grande im-

136. *Bastano questi pochi esempi per intendere che gli equivalenti chimici non sono sempre il semplice risultato dell' esperienza, ma la loro determinazione spesso è appoggiata ad induzioni ed analogie più o meno probabili. Nella tavola del* § 74 *sotto il titolo di pesi atomici si sono riportati gli equivalenti delle sostanze semplici, quali generalmente si ammettono dai chimici moderni. L'incertezza che ancora rimane intorno ad alcuni di essi, non nuoce punto alle molte più applicazioni che se ne fanno. Gli equivalenti delle sostanze semplici si esprimo cogli stessi segni* O, H, N, ..., *che servono a indicarne la natura, di maniera che ciascuno di questi segni denota una certa quantità ponderale, cioè l'equivalente della sostanza che rappresenta. Per esprimere due, tre, quattro, &c. equivalenti di una sostanza semplice si aggiunge al suo segno un numero a guisa di esponente algebrico; così* O^2, O^3, O^4, *&c. denotano* 2, 3, 4 *&c. equivalenti d'* O.

L'equivalente chimico di un corpo composto è la somma degli equivalenti de' corpi semplici che lo compongono, e si rappresenta coll'unire assieme i segni degli equivalenti medesimi; ma l'elemento positivo si scrive prima del negativo al contrario dell'ordine usato nella nomenclatura: così p. e. la

---

to nella determinazione degli equivalenti allorchè s'ignora la costituzione molecolare del corpo che si prende ad analizzare.

formola HO denota un equivalente d'O combinato ad un equivalente di H, ossia un equivalente di acqua; e la formola SO^3 esprime tre equivalenti di O combinati ad un equivalente di S, cioè un equivalente di acido solforico. Un numero collocato a guisa di coefficiente algebrico denota la ripetizione di più equivalenti dello stesso composto; onde 2HO, 3HO esprimono due, tre equivalenti di acqua.

Nelle formole de' sali si suol collocare una virgola fra la base e l'acido, ed un punto e virgola ovvero il segno + fra un sale e l'altro nelle formole de' sali doppi. Così p. e. CuO,SO^3 rappresenta un equivalente di acido solforico combinato ad un equivalente di ossido di rame, cioè un equivalente di solfato di rame; e parimenti $KO,SO^3 + Al^2O^3,3SO^3$ esprime un equivalente di solfato di potassa combinato ad un equivalente di solfato di allumina, ossia un equivalente di solfato di allumina e di potassa. Per significare due, tre &c. equivalenti di questi sali vi si premette il solito coefficiente, avvertendo di chiudere entro parentesi i segni che debbono essere ripetuti

Le formole che abbiamo finora considerate si dicono razionali, perchè atteso il collocamento de' segni danno ragione del modo con che sono combinati assieme gli elementi del composto; si dicono poi empiriche quelle formole che solamente rappresentano la qualità e quantità degli ele -

menti che costituiscono l'equivalente del composto. L'equazione chimica $CuO,SO^3 = CuSO^4$ ci offre un esempio di formola razionale nel primo membro e di empirica nel secondo. Dicasi lo stesso dell'equazione

$$KO,SO^3 + Al^2O^3,3SO^3 = KAl^2S^4O^{16}.$$

Per mezzo delle formole chimiche si risolvono colla massima facilità tutti i problemi che risguardano la composizione elementare dei corpi. Vogliasi a cagion di esempio sapere la quantità di O che si contiene da 1^k di clorato di potassa KO,ClO^5 che per mezzo del calore si trasforma in $KCl + O^6$. Dalla tavola degli equivalenti abbiamo

$$K = 489,30$$
$$Cl = 443,20$$
$$O = 100 \quad ;$$

epperò $KO,ClO^5 = 1532,50$.

Ora se 1532,50 di clorato di potassa dànno 600 d'O un kilogramma ne darà grammi 391,5; poichè dalla proporzione

$$1532,50 : 100 = 1^k : x \ ,$$

si ha

$$x = 0^k,391,5 = 391^{gr},5.$$

Teoria atomica

137. Nella teoria atomica ogni corpo semplice si suppone formato di particelle uguali fra loro ed indivisibili, che perciò si dicono atomi. Gli atomi di specie diversa combinandosi assieme formano le molecule o atomi de' corpi composti tutti uguali fra loro e indivisibili. L'indivisibilità che in questa ipotesi si attribuisce agli atomi semplici e composti non è però assoluta, ma relativa alle forze chimiche; e di più in quanto agli atomi de' composti non si estende che alle forze chimiche che non ne alterano la natura col decomporli.

Ammessa questa teoria, l'idea di combinazione diviene chiara, e le leggi delle proporzioni definite, de' multipli e degli equivalenti ne divengono altrettante conseguenze necessarie. Infatti ognuno intende che gli atomi di specie diversa unendosi assieme intimamente possono produrre un nuovo sistema di atomi perfettamente omogeneo, in cui non appariscano più le proprietà degli elementi che lo formarono. Questo sistema di atomi eterogenei formanti un tutto omogeneo sarà l'atomo composto. Nell'atto poi in cui si forma questo composto gli atomi sollecitati da forze che tendono a un nuovo stato di equilibrio potranno manifestare la loro intestina agitazione con fenomeni passeggeri di calorico, di luce

e di elettricità .

Oltre a ciò per quanto piccoli si vogliano supporre gli atomi avranno pure un peso che potrà variare da sostanza a costanza, ma sarà sempre lo stesso nella sostanza medesima. Dunque tutti i corpi semplici e composti avranno i loro minimi ponderali, i loro equivalenti naturalmente dotati della proprietà di poter essere rimpiazzati gli uni agli altri nella formazione de' composti, e questi equivalenti non saranno altro che i pesi relativi degli atomi. Quindi è che dai chimici i quali seguono la teoria atomica agli equivalenti si dà il nome di pesi atomici. Di più se in ogni corpo gli atomi sono tutti uguali fra loro ed indivisibili, allorchè in una sostanza il cui peso atomico è p si combina ad un altra il cui peso atomico è p', la combinazione non potrà aver luogo che fra N atomi del primo con n atomi del secondo (N ed n esprimono l'unità o altro numero intero) di maniera che il rapporto fra le quantità ponderali de' componenti in ogni atomo del composto sarà $\frac{Np}{np'}$ ed in una massa qualunque ma sarà $\frac{mNp}{mnp'} = \frac{Np}{np'}$; dunque qualunque sia la massa del composto che si prende ad analizzare, il rapporto fra le quantità ponderali de' componenti rimarrà sempre lo stesso che è la legge delle proporzioni definite. Se poi le due sostanze i cui pesi atomici sono p e p' si combinino assieme in più rapporti, è cosa evidente che nei diversi composti che ne

seeranno, le quantità ponderali

$$Np, N'p, N''p \ldots\ldots, np', n'p', n''p' \ldots\ldots$$

di ciascun elemento saranno sempre de' multipli interi di p e di p': anche la legge de' multipli è dunque un corollario logico della teoria atomica.

Al contrario se non si ammette la teoria atomica, ma invece si considerino i corpi come masse continue capaci di essere divise indefinitamente, che idea ci potremo formare delle combinazioni chimiche, qual conto potremo rendere delle leggi invariabili che le governano? Diremo forse che la combinazione consiste nel mutuo penetrarsi di due masse eterogenee? Sia pure; ma allora perchè degli equivalenti invariabili, delle proporzioni costanti, de' multipli precisi? perchè a grammi 19,5 d'idrogene non se ne uniscono chimicamente che 100 ovvero 200 d'ossigene? perchè 1ª parte di potassa non si possono combinare che a 25 di acido solforico o a 50? A queste e simili questioni non si può rispondere, e tutti i fatti che ci mostrano le analisi e sintesi chimiche rimangono inesplicabili e sconnessi. Conchiudiamo adunque che sebbene la teoria atomica a rigore di termini non sia che una semplice ipotesi, è pur un'ipotesi realmente dai fatti, perchè l'unica sufficiente a spiegarli.

Dei composti inorganici

138. Trattando delle sostanze semplici abbiamo anche indicati i principali composti inorganici; ora diremo alcuna cosa più in particolare di quelli che meritano di essere meglio conosciuti.

Acqua HO=112,5

La proprietà che ha l'acqua di sciogliere la maggior parte delle sostanze solide liquide ed aeree è la causa per cui questo liquido non si trova mai puro. Purissima si ottiene l'acqua per mezzo della distillazione, purchè si rigettino i primi prodotti che sono misti a sostanze aeree e gli ultimi che spesso contengono de' principî volatili, dovuti alla decomposizione di sostanze organiche. Dopo l'acqua stillata la più pura e' l'acqua di pioggia quando venga raccolta alla campagna aperta, qualche tempo dopo che ha cominciato a cadere. L'acqua di pioggia, e lo stesso dicasi della rugiada, della grandine e della neve, non contiene che qualche traccia di sostanze organiche e di pulviglio atmosferico, ed inoltre un miscuglio di ossigene, nitrogene ed acido carbonico, che non si-

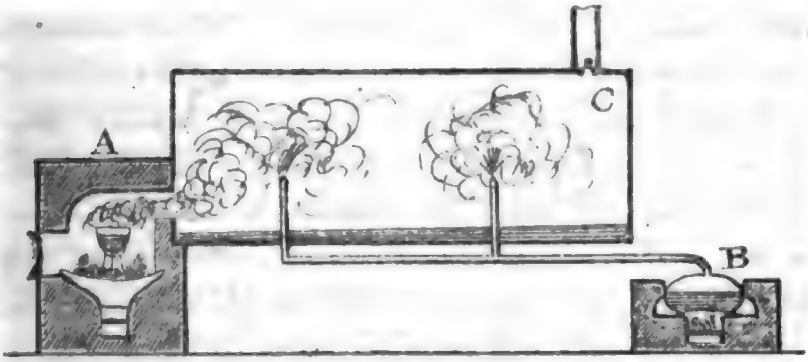
pera $\frac{1}{30}$ del suo volume. Recentemente si è sco-
perta nell'acqua di pioggia una tenuissima do
se di ammoniaca, che nelle piogge ordinarie
suol esser combinata all'acido carbonico, ma
nelle piogge temporalesche spesso si trova unita
all'acido nitrico. Le altre acque contengono tut-
te una quantità molto maggiore di sostanze ete-
rogenee, ed in quelle di mare il residuo salino
che resta dopo l'evaporazione arriva al 3,6 per 100.
Generalmente le acque si hanno per potabili quan-
do il residuo secco non supera $\frac{1}{2000}$ del peso dell'a-
qua evaporata. Ma perchè un'acqua sia pota-
bile è necessario inoltre che contenga in soluzio-
ne una dose non piccola di ossigene. La presen-
za di una sufficiente quantità di ossigene nel-
l'acqua ci viene manifestata dalla vivezza del
sapore che desta e dal pronto precipitato giallo
che produce quando vi si sciolga del solfato di
protossido di ferro; poichè quel precipitato non ha
luogo senza il passaggio di una parte di protos-
sido a sesquiossido.

La natura composta dell'acqua non fu rigoro-
samente dimostrata che nel 1785, epoca in cui
Lavoisier mettendo in combustione in un gran
pallone di vetro delle proporzionate quantità d'os
sigene e d'idrogene, e ripetendo moltissime volte
l'operazione, pervenne ad ottenere una quantità
notabile di acqua. Il rapporto de' componenti del-
l'acqua si determina per via di sintesi in que-
sto modo. Introdotti in un robusto pallone di

cristallo due ben conosciuti volumi d'H e d'O e fatta scoccare la scintilla elettrica attraverso il miscuglio, si ottiene dell'acqua e dal residuo grasso che per lo più rimane si deduce la quantità dei gas che si sono combinati. Supponiamo p. e. che s'introducano nel pallone 100 litri d'H e 75 d'O, dopo la combustione non vi si trovano che 25 litri di O: dunque 100 d'H si combinano a 50 d'O, ossia „ l'acqua risulta di due volumi d'H e d'uno „ d'O „, e siccome il peso specifico dell'O, omessa una frazione trascurabile, è 16 volte maggiore di quello dell'H, così la quantità ponderale dell'O nell'acqua sarà otto volte maggiore della quantità ponderale dell'H. Al medesimo risultato si arriva anche in più maniere per via di analisi. Se in un vasello pieno di acqua sieno capovolti due tubi graduati pieni anch'essi di acqua in cui vadano a terminare due fili di platino comunicanti coi poli di un elettromotore, l'acqua si decompone e il volume dell'H ottenuto si mantiene costantemente doppio del corrispondente volume di O. Parimenti se attraverso un tubo di porcellana scaldato al rosso e contenente nel suo interno una certa quantità di lamine di ferro ben pulite si faccia passare una determinata quantità di vapor d'acqua p. e. 100 gr, questa si decompone completamente, e finita l'operazione si trova il ferro convertito in ossido e cresciuto in peso di circa grammi 88,88; dunque 100 parti di acqua risultano di circa 88,88 di O e 11,12 d'H.

Acido Solforico $SO^3=500$

139. *L'acido solforico trovasi in natura combinato a varî ossidi metallici e specialmente alla calce, all'allumina e potassa, e all'ossido di ferro. Quello che viene in commercio sotto il nome di acido solforico inglese o comune si ottiene bruciando in una specie di forno* A *del solfo per lo più u-*



nito a $\frac{1}{10}$ *di nitrato di potassa o di soda. I prodotti gassosi di questa combustione che sono l'acido solforoso ed il biossido di nitrogene, poichè*

$$S + K0,NO^5 = K0,SO^3 + NO^2,$$

vengono portati dalla corrente aerea in una o più camere di piombo C, *dove incontrandosi con una abbondante quantità di vapor d'acqua proveniente dalla caldaia* B, *il biossido di nitrogene, pel contatto dell'aria già trasformata in acido iponitrico* NO^4,

si converte in acido nitrico NO^5, che cedendo porzione del suo O all'acido solforoso lo cambia in solforico; si ha cioè

$$3SO^2 + 3HO,NO^5 = 3(HO,SO^3) + NO^2,$$

ossia ogni atomo di acido nitrico colla cessione di tre atomi del suo ossigene converte tre atomi di acido solforoso in solforico. Il biossido di nitrogene che si è formato in questa reazione a contatto dell'aria e dell'acqua prontamente riassorbe l'O, si converte di nuovo in acido nitrico, cambia in solforico un'altra dose di acido solforoso, e così di seguito finchè non è consumato tutto l'O della camera. Quindi è che due sole parti di biossido di nitrogene sono più che sufficienti a convertire in solforico 100 di acido solforoso; e la quantità dell'acido solforico che si ottiene è tripla del solfo bruciato per ottenerla.

La soluzione di acido solforico che esce fuori delle camere di piombo si concentra per mezzo del calorico prima in caldaie di piombo finchè giunga alla densità di circa 1,7; poi in storte di vetro o di platino finchè acquisti la densità di 1,84. Arrivato a questa densità si trova contenere ancora 18,36 per 100 di acqua, che mai non abbandona per quanto si prolunghi la sua ebollizione, ed allora dicesi concentratissimo, e nel linguaggio chimico monoidrato, perchè dalla proporzione

$$81,64 : 18,36 = 500 : x = 112,5$$

è manifesto che un atomo di acido è unito ad un atomo d'acqua, onde la formola dell'acido solforico monoidrato sarà

$$HO,SO^3 \text{ , ovvero } SO^3+HO=112,5.$$

L'acido solforico monoidrato è un liquido incoloro, inodoro e di sapore acidissimo. Immediatamente disorganizza le sostanze organiche, determinando il loro O ed H a formare l'acqua, di cui è molto avido e vi si scioglie con grande svolgimento di calorico. Esposto all'aria arriva fino a raddoppiare il suo peso per il vapore di acqua che assorbe. Unitamente al vapor d'acqua assorbe ancora i detritus organici sparsi per l'atmosfera e li carbonizza; donde viene il colorarsi dell'acido prima in giallo chiaro, poi in bruno e finalmente in nero.

La tavola seguente mostra la quantità di acido puro e di acqua che contengono 100 parti di acido solforico ai 15° C, secondo il diverso peso specifico, e la diversa indicazione che dà all'areometro di Baumè.

Areometro di Baumè	Peso Specifico	Acido Puro	Acqua =
66	1,84	81,64	18,36
63	1,77	69,00	31,00
60	1,72	66,05	33,95
57	1,65	59,70	40,30
48	1,50	50,55	49,45
41	1,39	40,77	59,23

Areometro di Baumè.	Peso Specifico	Acido Puro	Acqua =
32	1 , 30	32, 61	67 . 39
27	1 , 24	26, 30	73, 70
19	1 , 14	16, 31	83, 69
9	1 , 07	8 , 15	91 , 85

Si vede da questa tavola che, oltre all'acido monoidrato esistono altre due vere combinazioni dell'acido solforico coll'acqua corrispondenti alle densità 1, 77 ed 1, 65 ; poichè

$$69 : 31 = 500 : x = 225 = 2 . 112 . 5 = 2\,HO,$$

$$59,7 : 40,3 = 500 : x = 337 , 5 = 3 . 112 , 5 = 3\,HO\ ;$$

onde queste due combinazioni si diranno acido solforico biidrato $SO^3 + 2HO$, *ed acido solforico* triidrato $SO^3 + 3HO$.

L'acido solforico che contiene più acqua del triidrato dicesi diluito , ed è più efficace dell'idrato nell'attaccare alcuni metalli assai ossidabili come il ferro e lo zinco. Anzi certi metalli, come il cadmio , il cobalto, il cromo, il nickel e il vanadio che non sono affatto attaccati dal monoidrato lo sono dal diluito. I metalli poi meno ossidabili hanno bisogno dell'aiuto del calorico per agire sull'acido solforico, e questo conviene che sia concentrato.

L'affinità dell'acido solforico per le basi supera-

quella di ogni altro acido. Sulla barite poi spiega un' azione si prevalente, che i sali solubili di barite sono il miglior reattivo per iscoprire la presenza dell'acido solforico e dei solfati.

L'acido solforico si ottiene anche per via di analisi distillando il solfato di ferro; ed allora chiamasi acido solforico di Nordhausen o di Sassonia ovvero fumante per la proprietà che ha di spandere fumi all'aria condensando il vapore di acqua. La densità dell'acido così ottenuto è 1,9 cioè maggiore del monoidrato. Se i vapori dell'acido solforico fumante si ricevono in un pallone circondato da un miscuglio frigorifico, si ottiene una massa cristallina bianca, molle, che si fonde ai 25° ed è l'acido solforico anidro. Esposto all'aria è fumante e deliquescente, e fatto cadere in una quantità di acqua minore del suo peso produce una terribile detonazione accompagnata da svolgimento di calorico e di luce. Il fosforo a contatto dell'acido anidro s'infiamma, e la calce e la barite esposte ai suoi vapori ci offrono il fenomeno di una magnifica combustione.

L'acido solforico ottenuto o nell'uno e nell'altro modo è per lo più alterato da sostanze eterogenee provenienti dai corpi coi quali è venuto a contatto, e dai materiali stessi che hanno servito a prepararlo. Il miglior mezzo di esplorare la sua durezza consiste nel pesare la quantità di carbonato di soda anidro che viene saturato da una certa dose di acido solforico; poichè 100 di puro acido monoidrato saturano 107,85 di puro carbonato di soda anidro. —

Acido Nitrico $NO^5 = 675$

140. L'acido nitrico si prepara scaldando in una storta 100 parti di nitrato di potassa con 97 di acido solforico monoidrato, vale a dire un atomo di nitrato per ogni due di acido, da che

$$100 : 97 = 589 + 675 : 2(500 + 112,5) = KO,NO^5 : 2(SO^3 + HO).$$

L'acido nitrico più debole e volatile del solforico è cacciato da questo e passa alla distillazione rimanendo nella storta del bisolfato di potassa idrato, si ha cioè

$$KO,NO^5 + 2(SO^3 + HO) = (KO,2SO^3 + HO) + HO,NO^5.$$

L'acido così preparato, come dice la formola, è monoidrato. Esso contiene 14.28 per 100 di acqua, ha la densità di 1.52, e chiamasi volgarmente acido nitrico concentratissimo o fumante perchè esposto all'aria umida vi sparge de' vapori bianchi, dovuti alla combinazione del vapore dell'acido col vapor d'acqua.

Nella preparazione dell'acido nitrico in grande al nitrato di potassa si suole sostituire il nitrato di soda o nitro del Chilì, che dà una maggiore quantità di acido; poichè l'atomo della soda essendo 387,17 e quello della potassa 589, è manifesto che a peso eguale il nitrato di soda deve contenere maggior dose di acido del nitrato di potassa.

L'acido nitrico monoidrato è un liquido bianco di odore disgustoso, di sapore acidissimo; si solidifica a −50° e bolle a 86°. Sotto l'azione diretta della luce solare si colora in giallo per una parziale decomposizione che subisce in acido iponitrico ed ossigene. Fino al 1849 si credette dai Chimici che l'acido nitrico non potesse esistere anidro. Saint Claire Deville fu il primo ad ottenerlo facendo agire una corrente di cloro sul nitrato d'argento. L'acido nitrico anidro si presenta sotto forma di limpidissimi cristalli prismatici deliquescenti; si fonde ai 29°,5; a temperatura più elevata rapidamente si decompone in O ed acido iponitrico.

Un'altra combinazione a proporzioni definite dell'acido nitrico coll'acqua risulta di 60 di acido con 40 di acqua, ed ha il peso specifico di 1,42. Questa combinazione dell'acido nitrico coll'acqua non è alterata dall'azione della luce, e si appella acido nitrico quadriidrato; poichè

$$60 : 40 = 675 : x = 450 = 4.112,5 = 4\,HO.$$

L'acido nitrico che non contiene maggior dose di acqua del quadriidrato dicesi concentrato, altrimenti si chiama diluito. A quell'acido nitrico che contiene 68 per 100 di acqua si dà il nome di acqua forte. La tavola che viene appresso mostra la quantità di acqua che si contiene in 100 parti di acido nitrico secondo il diverso peso specifico, e il diverso grado che segna all'areometro di Baumè.

Areometro di Baumè =	Densità =	Acqua in 100 di Acido =
50	1,52	14,3
46	1,47	30
43	1,43	37
42	1,42	40
38	1,36	50
34	1,30	59,5
27	1,23	68
22	1,18	74,5
18	1,14	80
10	1,10	90

L'azione dell'acido nitrico è notabilmente modificata dall'acqua che contiene. Così p. e. l'acido monoidrato attacca il fosforo ed il boro anche alla temperatura ordinaria, mentre il quadriidrato non gli attacca che coll'aiuto del calorico, e il diluito appena gli attacca anche coll'aiuto del calorico. Al contrario alcuni metalli come stagno, ferro, zinco che non sono attaccati dal monoidrato, lo sono dal quadriidrato e dal diluito.

L'acido nitrico ottenuto nel modo che si è detto per lo più contiene in soluzione dell'acido iponitrico, del cloro e dell'acido solforico. Per averlo purissimo fa d'uopo saturare l'acido solforico col nitrato di barite ed il cloro col nitrato d'argento e poi sottometterlo di nuovo alla distillazione senza racco-
gliere i primi prodotti che contengono l'acido ipo-
nitrico.

Acido Cloroidrico ClH=155,7

141. *In una sola proporzione si combina il* **Cl** *coll'*H*, e forma il gas acido cloroidrico, che si ottiene facendo reagire a moderato calore 9 parti di acido solforico monoidrato sopra 10 di secco cloruro di sodio: la reazione viene indicata dall'uguaglianza*

$$NaCl + SO^3 + HO = NaO, SO^3 + ClH ,$$

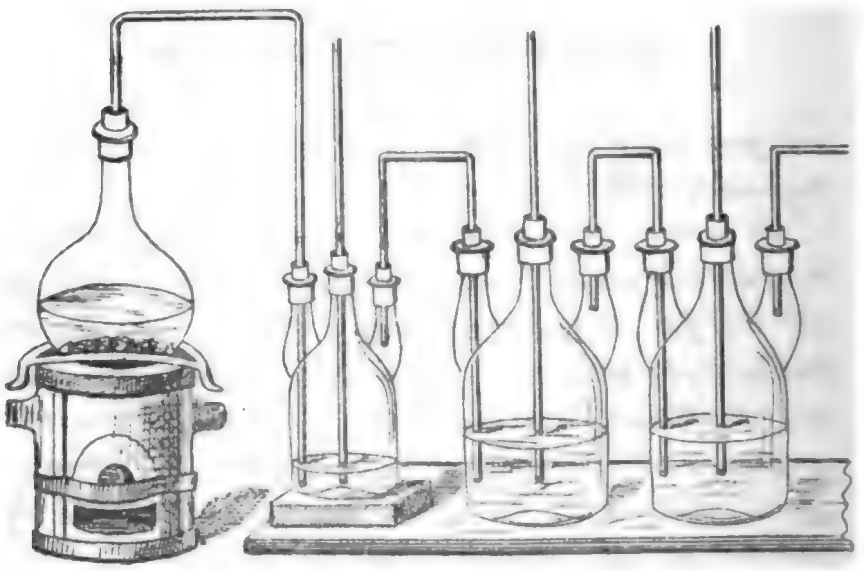
e il gas che si sviluppa si raccoglie sul mercurio in recipienti pieni di mercurio.

Si ottiene l'acido cloroidrico anche direttamente mescolando assieme volumi eguali di Cl *e d'*H*. Questi due gas alla temperatura ordinaria non si combinano nelle tenebre, o illuminati dagli ordinarii lumi artificiali; ma esposti ai raggi diretti del sole prontamente si combinano con esplosione, formando un volume di gas acido eguale alla somma de' volumi dei gas impiegati per ottenerlo.*

L'acido cloroidrico è un gas incoloro, di odore soffocante, del peso specifico di 1,25 e tanto solubile nell'acqua che alla temperatura 0° l'acqua ne può tenere in soluzione oltre a 500 volumi eguali al suo. Questa solubilità diminuisce col crescere della temperatura, ed a 15° l'acqua non ne ritiene che 460 volumi. La diminuzione di solubilità poi non è indefinita, giacchè una soluzione satura di acido cloroidrico esposta alla distillazione perde da principio

molto gas acido, ma arrivata alla temperatura 110° si arresta lo sviluppo del gas e distilla un liquido acido, che conserva costantemente la stessa densità di 1,09 fino al termine dell'operazione.

Allorchè si vuole ottenere la soluzione di acido cloroidrico non è necessario che il cloruro di sodio



sia secco, anzi alle 9 parti di acido solforico se ne uniscono 6 di acqua. In tal caso il recipiente che contiene la miscela si fa comunicare con più bocce tubulate, munite di tubi di sicurezza e contenenti una certa quantità di acqua, che non deve oltrepassare i due terzi della capacità di ciascuna boccia, poichè l'acqua saturandosi di gas cresce in volume.

L'acqua della seconda, terza &c. boccia diviene così pura soluzione di acido cloroidrico, perchè se una qualche porzione di acido solforico si sviluppi per l'azione del calorico, questa è trattenuta dall'acqua della prima boccia.

La pura soluzione satura di acido cloroidrico è senza colore, e spande all'aria de' fumi bianchi perdendo una parte dell'acido che si combina al vapor d'acqua. Il color giallo che per lo più presenta questa soluzione è dovuto alla presenza di sostanze organiche scomposte, o ad un poco di ferro proveniente dai recipienti che hanno servito a preparar-lo. Si può purificare per mezzo della distillazione raccogliendo specialmente i primi prodotti che sono lo stesso acido cloroidrico gassoso. Ecco la tavola che ci dà la quantità di acqua che contiene l'acido cloroidrico del commercio secondo i diversi gradi di densità alla temperatura di 15° o in quel torno.

Areometro di Baumè	Densità =	Acido per 100	Acqua =
23	1 , 19	38 , 38	61 , 62
21	1 , 17	34 , 34	65 , 66
19	1 , 15	30 , 30	69 , 70
15	1 , 11	22 , 22	77 , 78
10	1 , 07	14 , 14	85 , 86
7	1 , 05	10 , 10	89 , 90
5	1 , 03	06 , 06	93 , 94
2	1 , 01	02 , 02	97 , 98

Se la soluzione di acido cloroidrico concentrata si mescoli ad un terzo o quarto del suo peso di acido nitrico il miscuglio prende un color giallo che volge al ranciato ed al rosso se la temperatura s'innalzi fin verso gli 80°. Questo miscuglio chiamasi acqua regia per la proprietà che ha di scioglier l'oro. Un metallo immerso in questo liquido prontamente si trasforma in cloruro, come farebbe se venisse immerso in una soluzione concentrata di cloro. L'acido nitrico cede porzione del suo O all'H dell'acido cloroidrico, e il metallo incontra il cloro allo stato nascente, cioè nelle circostanze più favorevoli per combinarvisi.

Ammoniaca $H^3N = 212,5$.

142. Nella decomposizione delle sostanze organiche spesso si svolge un gas di odore penetrante che fu chiamato gas ammoniaco od ammoniaca, poichè si riconobbe esser uno dei componenti di quel sale, che prima del secolo passato si preparava solamente nell'Egitto non lungi dal tempio di Giove Ammone, detto perciò sale ammoniaco. E siccome dall'analisi chimica dell'ammoniaca risulta che questo gas è composto di N ed H nel rapporto di 175 : 37,5 triplo di 12,5 equivalente dell'H, perciò l'ammoniaca si esprime colla formola H^3N.

Per ottenere il gas ammoniaco puro e secco si riscalda dolcemente una parte di sale ammoniaco o cloroidrato d'ammoniaca con due di calce viva. Si forma del cloruro di calcio, dell'acqua e dell'am

moniaca, come esprime l'ugnaglianza

$$H'N, HCl + CaO = CaCl + HO + H'N :$$

il gas che si sviluppa deve raccogliersi sul mercurio, dache' l'acqua vi spiega tale affinità che arriva a scioglierne 600 volumi eguali al suo.

L'ammoniaca è un gas senza colore, del peso specifico di 0,597; uccide prontamente gli animali, estingue i lumi, ha l'azione alcalina della soda e della potassa, ed a $-40°$ prende lo stato liquido sotto la pressione ordinaria dell'atmosfera. Attesa la sua grande solubilità nell'acqua, l'ammoniaca si adopera per lo più in soluzione, ed alla sua soluzione si dà semplicemente il nome di ammoniaca o di ammoniaca liquida. Per prepararla non si adopera la calce viva come per la gassosa, ma la spenta; e vi si aggiunge anche un poco di acqua che facilita la reazione. La soluzione dell'ammoniaca ha densità minore dell'acqua e riscaldata fin verso i 55° lascia svolgere tutto il gas che conteneva. Quando è pura, terminata l'evaporazione dell'acqua, non deve rimanere alcun residuo. La pura soluzione di ammoniaca convenientemente preparata ha il peso specifico di circa 0,92 cui corrisponde il 22° dell'areometro di Baumè, e bolle a 45°. Ma la soluzione satura di ammoniaca a 10° di temperatura ha il peso specifico di 0,84, bolle a 20°, ed ha un volume circa $\frac{2}{3}$ maggiore dell'acqua in cui è sciolta.

Molti ossidi metallici si sciolgono nell'ammoniaca liquida: le soluzioni degli ossidi di mercurio, d'oro, di argento e di platino si possono anche tirare a secchezza senza che si sviluppi l'ammoniaca, ed i residui pulverulenti che si ottengono esposti al calore o ad un leggero attrito prontamente detonano, e però si appellano polveri fulminanti.

L'ammoniaca è decomposta da molte sostanze semplici; il cloro e lo iodio la decompongono anche alla temperatura ordinaria. L'argento, il platino e l'oro ad elevata temperatura la decompongono colla semplice loro azione catalitica o di presenza. Altri poi come il rame ed il ferro al calor rosso vi esercitano una vera azione chimica, e si trasformano in nitruri.

L'ammoniacа è una base molto energica. Cogli ossiacidi, ossia cogli acidi che contengono ossigene, forma dei sali nei quali l'acqua entra come parte essenziale di loro costituzione. Se p. e. si saturi coll'ammoniaca una soluzione di acido solforico, dopo l'evaporazione si ottiene un sale che ha per formola H^3N, SO^3+HO, e l'equivalente d'acqua che contiene non gli si può togliere senza trasformarlo in altro composto. Lo stesso si osserva in tutti gli altri sali che produce l'ammoniaca combinandosi cogli ossiacidi idrati, di maniera che l'ammoniaca basica si può rappresentare colla formola H^3N+HO. Questa presenza costante dell'acqua nell'ammoniaca basica è uno de' motivi per cui molti chimici la riguardano come un ossido $H^4NO = H^3N+HO$

del radicale H^4N non ancora isolato a cui dànno il nome di **ammonio** e lo considerano non altrimenti che come un metallo. In questa ipotesi il **doroidrato** di ammoniaca H^3N,HCl sarebbe un **cloruro** d'**ammonio** H^4N,Cl.

Oltre l'**ammonio** la maggior parte de' chimici moderni ammette anche l'esistenza di un altro radicale ipotetico espresso dalla formola H^2N chiamato **amide**. Questo radicale giova a spiegare razionalmente un gran numero di reazioni che produce l'ammoniaca colle sostanze organiche. Se p. e. prendiamo a considerare quel composto cristallino $H^4NC^2O^2$ che si ottiene mediante la distillazione dell'ossalato di ammoniaca, ammessa l'esistenza dell'amide lo potremo razionalmente esprimere colla formola $H^4N,2CO$, che denota un composto di un equivalente di amide con due di ossido di carbonio

Ossidi metallici

143. Gli ossidi metallici sono tutti solidi, fragili, opachi, e di apparenza terrosa, donde ebbero presso gli antichi il nome di terre o **calci metalliche**. Per rapporto alle proprietà chimiche gli ossidi metallici si possono distinguere in **basici**, **acidi**, **indifferenti**, **singolari** e **salini**.

Gli ossidi basici sono quelli che facilmente si combinano agli acidi formando de' sali cristallizzabili; come il protossido di potassio, di sodio, di ferro, di

piombo, &c. &c. Quando un metallo si combina all'O in più proporzioni l'ossido della forma ΣO sarà esser la base più energica.

Gli ossidi acidi sono quelli che mai o quasi mai si combinano cogli acidi, ma invece formano dei sali cristallizzabili colle basi molto energiche. Tali sono p. e. gli ossidi MnO^3, FeO^3, PbO^2, Sb^2O^5, i quali perciò comunemente si appellano acido manganico, ferrico, piombico, antimonico. Allorchè un metallo forma coll'O più combinazioni le acide sono sempre le più ossigenate.

Gli ossidi indifferenti sono quelli che fanno da basi cogli acidi molto forti e da acidi colle basi energiche. L'allumina Al^2O^3 è un ossido indifferente, ed in generale gli ossidi della forma Σ^2O^3 se non sono indifferenti, sono almeno delle basi molto deboli.

Gli ossidi singolari sono quelli che non si combinano nè cogli acidi nè con le basi, ma sotto l'influsso degli acidi abbandonano una porzione del loro O o del loro metallo e si trasformano in ossidi basici. Così p. e. il biossido di manganese MnO^2 in presenza dell'acido solforico abbandona la metà del suo O e diviene protossido MnO per unirsi all'acido; e l'ossidulo di piombo Pb^2O a contatto di un acido si scompone in piombo metallico ed in ossido PbO che si combina coll'acido.

Gli ossidi salini sono quelli che risultano dalla combinazione di un ossido basico con un ossido più ossigenato del metallo stesso. Di tal fatta sogliono essere quegli ossidi che vengono espressi da

formole più complicate; come p. e. l'ossido di ferro magnetico Fe^3O^4, l'ossido rosso di manganese Mn^3O^4, l'ossido bruno di cromo Cr^3O^6. Questi ossidi sono veri sali, eppero' si debbono rappresentar colle formole

$$FeO,Fe^2O^3 \; ; MnO,Mn^2O^3 \; ; Cr^2O^3,CrO^2.$$

Tutti gli ossidi metallici ad eccezione di quelli delle due prime classi sono ridotti dall' H a più o meno alte temperature. Così p. e. gli ossidi di ferro e di zinco al calor rosso sono ridotti dall'H e si forma del vapor d'acqua. Da un altro lato però il ferro ed il zinco scaldati al rosso in una corrente di vapore di acqua si ossidano e si sviluppa del gas idrogene. Questi due effetti contrarî che sembrano prodotti nelle medesime circostanze mostrano l'influenza che esercita la massa nelle affinità chimiche. Nel primo caso ciascuna molecula di ossido si trova nella sfera di attività di sempre nuove molecule di H, che però l'affinità dell' H per l'O prevale all'affinità del metallo per l'O; nel secondo al contrario ciascuna molecula di ferro o di zinco si trova nella sfera di attività di un gran numero di molecule di vapor d'acqua, che si succedono le une alle altre, onde l'affinità del metallo per l'O finalmente prevale all'affinità dell' H per l'O.

Anche il carbonio riduce tutti gli ossidi metallici che sono ridotti dall' H. Anzi a temperatura molto elevata ne riduce alcuni che resistono all'azione dell' H. Così p. e. gli ossidi di potassio e di soda

sono completamente scomposti dal carbonio al calor bianco

Cloruri metallici

144. Tutti i metalli riscaldati in una corrente di cloro si trasformano in cloruri. Ma il più facile mezzo per ottenerli si è quello di sciogliere i metalli nell'acido cloroidrico, aggiungendovi un poco di acido nitrico quando si tratta dei metalli delle ultime classi.

I cloruri, eccettuati quelli di platino, di oro e di qualche altro metallo dell'ultima classe, non si scompongono per la sola azione del calorico. Che se al calorico si aggiunge la presenza dell'O, i cloruri de' metalli della seconda, terza, quarta e quinta classe sono scomposti e convertiti in ossidi.

I cloruri poi si distinguono dagli altri composti per la proprietà che hanno 1.° di formare col nitrato d'argento un precipitato di cloruro d'argento insolubile in tutti gli acidi e solubile nell'ammoniaca; 2.° di svolgere de' fumi bianchi di acido cloroidrico allorchè a lieve calore vi reagisce l'acido solforico; 3.° di sviluppare del cloro, se misto all'acido solforico è il biossido di manganese.

I bromuri e ioduri metallici si preparano come i cloruri e sono soggetti a reazioni consimili, salvo che sono decomposti più facilmente per l'azione del solo calorico.

Solfuri metallici

145. *Tutti i metalli riscaldati nel vapore di solfo si cambiano in solfuri. Si possono anche ottenere molti solfuri fondendo i metalli o i loro ossidi assieme col solfo, ovvero facendo attraversare le soluzioni de' sali metallici da una corrente di gas acido solfoidrico.*

I solfuri metallici resistono assai bene all'azione del calorico; ma sono facilmente alterati dall'ossigene a più o meno elevate temperature. I solfuri de' metalli della prima classe scaldati a contatto dell'O si trasformano in solfati, quelli della 4ª in ossidi, e quelli della 6ª sono ridotti allo stato metallico. I solfuri della 3ª e 5ª classe, come pure il solfuro di manganese che appartiene alla 2ª sono parimenti decomposti dall'O; ma i prodotti della decomposizione variano a tenore della temperatura.

L'O agisce sulla maggior parte de' solfuri anche a freddo, specialmente se vi è il concorso dell'umidità e li trasforma in solfati. Queste metamorfosi accadono di continuo ne' solfuri di ferro e di rame allorchè si trovano a contatto dell'aria atmosferica.

I solfuri si distinguono facilmente dagli altri composti per la proprietà che hanno di svolgere il gas acido solfoidrico o di trasmutarsi in solfati

quando vengono sottoposti all'azione degli acidi.

I protosolfuri metallici fanno l'ufficio di base per rapporto ad altri solfuri. Così p. e. il protosolfuro di potassio combinandosi al solfuro di carbonio forma il solfocarbonato di protosolfuro di potassio. Questi sali che risultano di due solfuri si dicono solfo-sali

Sali.

146. La massima parte della crosta solida del nostro globo è formata di sali, e oltre a questi sali che la natura spontaneamente ci offre, moltissimi altri sono di continuo preparati dall'arte. Tutti i sali, tranne pochissimi, sono solidi e quasi tutti cristallizzabili. Sono incolori, ad eccezione di quelli che hanno colorato l'acido o la base; e sono inodori, a riserva de' solfoidrati e di alcuni che hanno per base l'ammoniaca. Il sapore de' sali solubili per lo più dipende dalla base: l'hanno infatti amaro quelli di potassa, amarissimo quelli di magnesia, salato quelli di soda, piccante quelli d'ammoniaca, astringente quelli di alluminio e di ferro, dolciastro quelli di piombo e di glucinio &c. &c. Alle volte però il sapore del sale è notabilmente modificato dall'acido, come accade nei solfiti, nei solfosali, e nei sali formati dagli acidi metallici.

L'acqua è il solvente più generale e importante

de' sali. Pochi sono i sali affatto insolubili nell'acqua, ma v'è l'uso di chiamare insolubili anche quelli che esiggono più centinaia di volte il loro peso di acqua per essere sciolti. Tali sono l'ossalato di calce, il solfato di barite, e la massima parte de' silicati, carbonati, borati, fosfati e iodati non alcalini. Solubili poi sono tutti i sali a base alcalina, i nitrati, gl'iposolfati, i clorati, i bromati eccetto quelli a base di protossido di mercurio.

La solubilità di un sale è diversa secondo il diverso grado di temperatura. Nella massima parte de' sali la solubilità cresce colla temperatura; ma ve ne sono alcuni nei quali la solubilità cresce solamente fino ad un certo limite, passato il quale torna a decrescere; tali sono p. e. il solfato di soda, il cui limite è ai 33° e l'idrato di calce che ha questo limite poco sopra allo 0; e ve ne sono anche alcuni che hanno prossimamente la stessa solubilità si a caldo che a freddo, come p. e. il solfato di calce.

Quando i sali cristallizzano per via di soluzione una certa quantità d'acqua liquida spesso rimane interposta fra le laminette de' cristalli che si formano. Quest'acqua che non è chimicamente combinata ai sali dicesi acqua d'interposizione. Ma l'acqua può anche formare coi sali de' veri composti a proporzioni definite, ed allora dicesi acqua di cristallizzazione. Un sale cristallizzando alla medesima temperatura prende sempre lo stesso numero di equivalenti di acqua,

ma ne può prendere un numero diverso se cristallizza a diversa temperatura. Così il solfato di soda prende 10 equivalenti d'acqua allorchè cristallizza a una temperatura inferiore ai 33°, mentre cristallizza anidro a temperatura superiore ai 33°; e il solfato di protossido di manganese se cristallizza a una temperatura inferiore ai 6° ha per formola MnO,SO^3+7HO e se cristallizza fra i 20° e i 30° la sua formola è MnO,SO^3+4HO.

Alcuni sali a temperatura più o meno elevata perdono la loro acqua di cristallizzazione. Ciò produce qualche cambiamento nelle loro proprietà fisiche come nella coesione, nella trasparenza, nella figura cristallografica, ma non ne altera la natura ossia le proprietà chimiche. La presenza o mancanza dell'acqua allora solamente altera la natura di un sale quando l'acqua entra nella formazione del sale o come acido o come base, ed in questo caso dicesi acqua di costituzione. L'acqua basica per lo più è cacciata dagli ossidi metallici che sono basi più energiche dell'acqua. Vi hanno però degli ossidi tanto deboli, come p. e. gli ossidi di bismuto e di mercurio, che sono scacciati dall'acqua, quando questa si versa copiosamente nelle soluzioni de loro solfati o nitrati. Dunque l'acqua non solo può fare da base, ma da base anche più forte di qualche ossido metallico. In quanto poi agli idrati ossia ai sali ne' quali l'acqua fa da acido, questi sono tanto più stabili quanto è maggiore l'affinità che le loro ba-

si hanno per gli acidi. Così se le basi degli idrati sono la potassa, la soda, la litina e la barite, gl'idrati non cedono l'acqua neppure alle più alte temperature: gl'idrati di calce, di magnesia e di strontiana la cedono solamente al calor rosso, e gl'idrati degli altri ossidi metallici la cedono a temperature per lo più inferiore ai 100°. Quindi è che se in una soluzione bollente p. e. di solfato di rame versiamo dell'idrato di soda si ottiene un precipitato bruno di ossido di rame anidro, laddove si ottiene un precipitato ceruleo di idrato di rame se la reazione si eseguisca alla temperatura ordinaria.

Vi sono de' sali che anche alla temperatura ordinaria cedono all'aria la loro acqua di cristallizzazione, perdono la trasparenza, si screpolano e cadono in polvere. Questi sali si dicono efflorescenti; tali sono p. e. il carbonato di soda, il tartrato d'antimonio e di potassa. Si dicono poi deliquescenti quei sali che assorbono dall'aria il vapor d'acqua e condensandolo vi si sciolgono come il carbonato di potassa, il nitrato d'ammoniaca, l'acetato di potassa &c.

Molti sali esposti all'azione del calorico subiscano la fusione acquosa ossia si sciolgono nella loro acqua di cristallizzazione. Questo fenomeno però non è una vera fusione, ma una semplice soluzione. Infatti i sali che la subiscono come il solfato di ferro, il solfato di soda &c., coll'aumentar l'azione del calorico non rimangono allo stato liquido, ma si vanno disseccando, ossia riprendono

lo stato solido a misura che va evaporando l'acqua di cristallizzazione che li ha sciolti. Se poi l'azione del calorico cresca oltre il grado necessario al disseccamento, alcuni sali subiscono la fusione ignea, che' si fondono realmente come il nitrato di potassa, altri si decompongono come il carbonato di calce, altri finalmente si sublimano come i sali di ammoniaca.

I sali che non subiscono l'azione acquosa esposti alla viva azione del calorico decrepitano per lo sprigionamento dell'acqua di cristallizzazione. Alle volte pero' la decrepitazione è dovuta all'acqua d'interposizione, e tal altra ancora alla tendenza che hanno alcuni sali a dividersi in lamine sotto l'azione del calorico.

I sali si dividono in neutri, acidi e basici (77). In quanto ai sali formati da acidi e da basi quasi della stessa energia la voce neutro si prende nel suo senso naturale, e neutri si dicono quel solfato di potassa KO,SO^3, quel nitrato di soda NaO,NO^5; nei quali sono del tutto latenti le proprietà dell'acido e della base. Ma nei sali formati da acidi e da basi di molto diversa energia la vera neutralità generalmente parlando non ha luogo, stantechè l'elemento più debole per lo più non giunge a neutralizzare completamente il più forte. Ciò non ostante sogliono i chimici chiamare neutri anche quei sali in cui predominano le proprietà dell'acido o della base, purchè abbiano la stessa composizione atomica di un sale congenere veramente neutro. Co-

si p. e. sebbene la potassa e la soda non possano formare coll'acido carbonico de' sali neutri, a rigore di termini per la troppa energia di queste basi relativamente all'acido carbonico, pure i carbonati KO,CO^2, NaO,CO^2 si dicono neutri perchè risultano di un equivalente di acido e uno di protossido, non altrimenti che il carbonato di calce CaO,CO^2 che è un sale veramente neutro. Questa maniera di estendere la neutralità anche ai sali in cui non sono del tutto latenti le proprietà dell'acido o della base è fondata sul fatto che „ di tutti gli ossisali che forma il medesimo acido con una „ base qualunque quelli che sono veramente neutri „ hanno l'O dell'acido in rapporto costante coll'O della „ la base „. Così p. e. troviamo che nel solfato di potassa ed in qualunque altro solfato neutro l'O dell'acido è a quello della base come 3:1; parimenti nel nitrato di soda e in tutti gli altri nitrati neutri l'O dell'acido sta a quello della base come 5:1. Da questa proprietà che si osserva negli ossisali neutri di conservare costantemente il medesimo rapporto fra l'O dell'acido e quello della base si deducono due conseguenze di molta utilità per la pratica. La prima è che „ Le quantità ponderali delle diverse basi necessarie a neutralizzare una certa quantità „ di acido p. e. solforico, neutralizzano ancora una „ quantità equivalente di un altro acido qualunque „. La seconda è che „ se due sali nello scambio delle loro basi formano due nuovi sali, dei quali uno sia neutro, neutro sarà necessariamente „ anche l'altro.

De' composti organici.

147. Col vocabolo di composti organici si vogliono significare non solamente i corpi organizzati e tutti quei composti che naturalmente si formano nei corpi organizzati e da essi si educono; ma eziandio quelli più numerosi che artificialmente si producono sottomettendo le sostanze organiche agli agenti chimici.

I composti organici risultano principalmente di carbonio, ossigene, idrogene e nitrogene (75). Il carbonio è il solo elemento che esiste in tutti i composti organici. L'ossigene abbonda nei composti acidi e scarseggia o manca affatto nei grassi ed oleosi. L'idrogene esiste in gran quantità nei combustibili e volatili; ed il nitrogene è copioso nei composti animali: esso trovasi anche nel regno vegetale e specialmente in quei composti che sono destinati a compiere le principali funzioni dell'organismo. Oltre questi quattro organogeni molti composti organici contengono in piccola dose qualche altra sostanza semplice come il solfo e il fosforo che esistono in alcuni semi, nell'albumina, nella fibrina, nel latte e nella materia cerebrale, il ferro che entra nella composizione

dell' ematosina, o materia colorante del sangue; il manganese che si trova in molte piante, il rame ed il piombo recentemente scoperti nel corpo umano.

Le basi minerali, potassa, soda, calce e magnesia si trovano in vari composti organici vegetabili ed animali ed hanno l'ufficio di neutralizzare alcuni acidi e di mantenere sciolte alcune sostanze, come p. e. la fibrina del sangue. Si trovano pure nell'organismo degli acidi minerali liberi come il cloroidrico ed il fosforico, che conciliano al sugo gastrico dello stomaco l'attività di sciogliere gli alimenti, ed il silicico che dà consistenza al gambo della maggior parte delle piante graminacee. Finalmente in molti corpi organizzati esistono dei cloruri, bromuri e ioduri, e dei sali minerali come i fosfati e carbonati di calce, che servono alla formazione ed incremento dello scheletro degli animali vertebrati.

I composti organici nei quali non si ravvisano organi si appellano materiali organici; questi poi si dividono in principî organici e prodotti organici(1) che non sono decomponibili in altre sostanze organiche, e prodotti quelli dai quali si possono facilmente isolare altre sostanze organiche.

---

(1) — Aggiungasi — dicendosi principii quei materiali

L'acido ossalico è molto adoperato come reagente per la proprietà che ha di decomporre tutti i carbonati e tutti i sali a base di calce, non eccettuato neppure quello che è formato dall'acido più forte cioè il solfato, il quale in presenza dell'acido ossalico si trasforma in ossalato di calce insolubile.

Molti acidi organici risultano di C, H, ed O, ma affine di dargli una costituzione binaria analaga a quella degli acidi minerali si considerano come formati dall'óssigene unito a un radicale composto di carbonio ed idrogene; tali sono per esempio

L'acido acetico che combinato alla potassa esiste nel sugo di quasi tutte le piante e si forma in tutte le fermentazioni, ma specialmente in quella che subiscono i liquori alcoolici sotto l'influsso dell'aria e del calorico. L'acido acetico monoidrato a temperatura inferiore ai 16° è solido in lamine cristalline di odore piccantissimo ed agisce sui tessuti organici con energia poco inferiore a quella dell'acido solforico. La dissoluzione acquosa dell'acido acetico presenta una anomalia singolare, ed è che mentre il peso specifico dell'acido monoidrato liquido è 1,06 di mano in mano che si unisce a nuove dosi di acqua il peso specifico della soluzione cresce fino ad 1,08, cioè fino a che è divenuto un composto di 80 di acido e 20 di acqua. Ol-

trapassato poi questo termine anche l'acido acetico tanto più diminuisce di densità quanto maggiore dose di acqua vi si aggiunge. L'acido acetico si unisce alle basi e forma degli acetati per lo più solubili e tutti decomponibili per l'azione del calorico. Nella preparazione degli acetati, alcuni de' quali hanno molti usi nelle arti e nella medicina, all'acido acetico si suole per lo più sostituire l'acido piroligneso, che si ottiene dalla distillazione del legno, e che altro non è se non acido acetico contenente del catrame e dell'olio empireumatico.

=

L'acido tannico che si trova in moltissimi frutti e organi de' vegetabili e particolarmente nella corteccia della quercia e nelle galle, specie di escrescenze che si formano sulle foglie di quercia per la puntura di un piccolo insetto chiamato cynips gallae tinctoriae. Questo acido combinandosi colla materia animale delle pelli produce quel composto duro e imputrescibile detto cuoio, ed unendosi agli ossidi di ferro forma gli ordinari inchiostri da scrivere che si possono considerare come tannati di sesquiossido di ferro. L'acido tannico ottenuto dalle galle per mezzo dell'acido solforico o cloroidrico diluiti si converte in un altro acido $C^{v}H^{3}O^{5}$ che dicesi acido gallico, il quale gode della proprietà di precipitare dalle loro soluzioni molti metalli e specialmente l'argento e l'oro. La soluzione di acido

gallico nell'acqua si conserva bene in vasi perfettamente chiusi, ma a contatto dell'aria si altera assai presto. Se l'acido gallico venga mantenuto per alcun tempo a temperatura molto elevata succede la reazione espressa dalla formola

$$C^7H^6O^5 = CO^2 + C^6H^6O^3,$$

cioè si decompone in acido carbonico ed in un altro acido detto pirogallico solubilissimo nell'acqua e nell'alcool che colora in blù intenso i sali di protossido di ferro ed in rosso vivo quelli di sesquiossido.

L'acido tartrico che libero fa parte del sugo di molti frutti e ci è offerto in grande quantità dalla così detta gruma o tartaro delle botti, che non è altro se non del bitartrato di potassa mescolato a pochi centesimi di altri tartrati e di materia colorante. L'acido tartrico cristallizza in prismi esaedri molto schiacciati e la sua azione acida è forte a segno da sciogliere molti metalli specialmente il ferro ed il zinco con svolgimento d'idrogene. Esposto alla temperatura di 170° prende uno stato isomerico diverso ed allora dicesi acido metatartrico. Un altro isomero dell'acido tartrico è l'acido racemico o paratartrico meno solubile del tartrico e capace di precipitare il nitrato di calce, che non è precipitato dall'acido tartrico.

L'acido racemico è anch'esso il prodotto del sugo di alcune qualità di uve ed è suscettibile di sdoppiarsi in acido tartrico ed in un altro isomero del tartrico detto levotartrico o levoracemico. (1) L'acido tartrico è adoperato nelle analisi per iscoprire la presenza della potassa, con cui forma un bitartrato insolubile.

L'acido citrico che abbonda nel sugo dei cedri, dei limoni e di altri frutti. Questo acido è solubilissimo nell'acqua e un poco ancora nell'alcool; la sua soluzione acquosa scioglie il ferro, il zinco ed altri metalli con sviluppo d'idrogene. Tutti i citrati sotto l'influsso del calorico si gonfiano e spargono vapori acidi soffocanti.

L'acido lattico che è uno degli acidi più sparsi nell'economia organica, ed in cui si trasformano non solo il latte, ma moltissime altre sostanze organiche animali e vegetabili quando vengono abbandonate per qualche tempo in luogo caldo sotto l'azione dell'atmosfera. L'acido lattico monoidrato è un liquido incoloro, difficilissimo

(1). La denominazione di levotartrico ha avuto origine dalla proprietà che ha questo acido di deviare a sinistra il piano di polarizzazione dei raggi luminosi, mentre l'acido tartrico ordinario lo fa deviare a destra, e però dicesi destrotartrico.

a solidificarsi, si scioglie nell'acqua in tutte le proporzioni e prontamente determina la coagulazione del latte caldo. Con quasi tutti gli ossidi metallici forma dei lattati che leggermenti scaldati coll'acido solforico danno luogo allo sviluppo dell'ossido di carbonio.

Altri acidi organici ossigenati hanno per radicale il carbonio e il nitrogene, come l'acido fulminico $C^4N^2O^2$, che si ottiene combinato all'ossido d'argento o di mercurio allorchè questi metalli vengono trattati con un miscuglio di alcool o di acido nitrico. Altri finalmente hanno per radicale il carbonio, l'idrogene ed il nitrogene, come l'acido cholico $C^{52}H^{43}NO^{12}$ che è il principale costituente della bile.

Di più anche fra gli acidi organici ve ne ha di quelli che non contengono ossigene: tale è p. e. l'acido cianoidrico composto d'idrogene e del nitruro di carbonio detto cianogene. Il cianogene è un gas d'odore irritante che d'ordinario si forma nella calcinazione incompleta delle sostanze organiche, e sebbene sia un composto pure nelle sue combinazioni si comporta come una sostanza semplice analoga al cloro. Colla maggior parte dei metalloidi e dei metalli il cianogene forma dei binarî molto simili ai sali detti cianuri, ed i cianuri facilmente si combinano fra loro e con altri binari per formare de' composti di secondo e terzo ordine. Il cianogene incontrandosi coll'idrogene a stato nascente produce l'acido cianoidrico.

Si crede che questo acido esista nelle mandorle amare, nelle foglie di lauro-ceraso ed in altre sostanze vegetali, ma con certezza non si sa altro se non che questo acido si trova nelle acque stillate delle suddette sostanze vegetali. L'acido cianoidrico è un liquido volatile ed incoloro di odore somigliante a quello delle mandorle amare, e tanto venefico che al solo fiutarlo, quando è anidro, produce la morte. Esposto all'aria a contatto di un corpo incandescente brucia con fiamma: il cloro lo decompone combinandosi al cianogene e formando coll'idrogene l'acido cloroidrico.

Basi organiche

150. I materiali organici che si conoscevano al principio di questo secolo erano tutti, tranne l'ammoniaca (1), o acidi o neutri. Al presente si conoscono molte basi organiche dette anche alcaloidi organici che neutralizzano gli acidi dei tre regni formando con essi dei sali ben definiti. Gli alcaloidi si dividono in naturali ed artificiali. Naturali si dicono quelli che si trovano generati ne

(1). L'ammoniaca si colloca nel numero delle basi organiche non solamente perchè è organica la sua origine, ma anche perchè è il tipo da cui si possono derivare tutte le basi organiche finora ottenute.

gli individui viventi ed artificiali quelli che si ottengono per mezzo di reazioni fatte subire ai materiali organici.

Tutti gli alcaloidi contengono l'idrogene, il nitrogene e ad eccezione dell'ammoniaca anche il carbonio. Nella massima parte degli alcaloidi questi tre elementi sono combinati all'ossigene; ma in alcuni l'ossigene manca, ed in altri invece dell'ossigene si trova il solfo. Gli alcaloidi naturali per lo più sono di sapore amaro, venefici ed in piccolissime dosi dotati di virtù mediche raggnardevoli.

Gli alcaloidi naturali si dividono in non volatili e volatili. Alla prima classe appartengono la narcotina, la morfina e la codeina che si trovano nel papavero bianco (papaver somniferum) detto oppio; la chinina, la cinconina e la cincovatina che abbondano nelle scorze delle diverse specie di china; la stricnina, la brucina e la curarina(1) che si contengono nelle piante appartenenti alla famiglia degli strychnos &c, &c.

---

(1). Fino alla scoperta degli alcaloidi organici non si era potuto dare ragione della prodigiosa attività di quei sughi vegetali chiamati upas-antiar, upas-tieuté, curaro, con che gl'Indiani avvelenavano le punte delle loro freccie. Queste sostanze, che, anche in quantità piccolissima, mescolandosi alla massa del sangue producono in pochi istanti la morte, devono la loro terribile virtù alla stricnina, alla cu-

Gli alcaloidi naturali e volatili sono la conina o alcaloide della cicuta, che trovasi nel conium maculatum e la nicotina o alcaloide del tabacco che si rinviene nelle foglie della nicoziana. Alla nicotina è principalmente dovuta la proprietà che ha il tabacco di stimolare la membrana mucosa (1). Ambedue questi alcaloidi sono privi di ossigene ed hanno lo stato liquido. La nicotina poi è una base sì forte che precipita dalle loro soluzioni saline moltissimi metalli, mentre essa non è cacciata dalle sue combinazioni saline che dall'ammoniaca e dai metalli alcalini e terrosi.

151. Gli alcaloidi artificiali sono quasi tutti volatili e privi di ossigene. Alcuni si ottengono per la distillazione a secco di vari materiali organici; così p. e. distillando la ciconina colla potassa caustica si ottiene l'alcaloide artificiale detto chinoleina liquido oleoso di odore spiacevole che cogli acidi solforico, nitrico e cloroidrico forma dei sali cristallizzabili. Altri si preparano mediante l'azione che i corpi acidi nitrogenati esercitano sopra

---

rarina e ad un altro alcaloide ancora non ottenuto allo stato di purezza.

(1). La presenza nel tabacco di questa e di altre non meno attive sostanze che irritano le membrane del naso e della bocca, spiegan il dolore di testa, le vertigini e la stupidezza che produce l'uso del tabacco in chi non v'è assuefatto o non se ne vale con moderazione.

vari carburi d'idrogene ; così p. e. facendo bollire l'acido nitrico monoidrato con quel liquido bituminoso $C^{12}H^{6}$ chiamato benzina si ottiene un composto che a contatto dell' idrogene nascente si trasforma in un alcaloide detto anilina. Con questi ed altri svariatissimi metodi di preparazione i chimici moderni non solo vanno crescendo di continuo il numero delle basi organiche, ma sono anche pervenuti a formare de' materiali organici non impiegando per ottenerli che sostanze minerali (1).

Indifferenti organici.

152. A questa classe appartengono i materiali organici più abbondanti e più sparsi nel regno vegetale e quindi anche nell'animale; giacchè prescindendo da poche eccezioni e modificazioni i materiali di questo regno sono quei medesimi che troviamo nell'altro. Noi diremo solo alcuna cosa dei più comuni e specialmente di quelli che trovandosi in molte specie di esseri organizzati si possono dire gli elementi generali dell'organismo.

(1). I materiali organici che l'arte è arrivata a procurarsi direttamente mediante la reazione di sostanze minerali sono il zucchero, il sevo, l'alcool, il concino, l'acido formico, ed altri pochi che fra i materiali organici sono di meno complicata costituzione.

Zuccheri.

Si dicono zuccheri tutti quei materiali organici, per lo più di sapore dolce, che hanno la proprietà di subire la fermentazione alcoolica, cioè di trasformarsi in acido carbonico ed alcool sotto l'influsso di un fermento (1). Le diverse specie di zucchero si possono

(1). Si appellano fermenti o sostanze putrescibili quei materiali organici che a contatto dell'aria sotto certe condizioni di umidità e di temperatura non solamente si decompongono essi stessi, ma durante la loro decomposizione producono anche delle metamorfosi in altre sostanze organiche colle quali si trovano a contatto. I fermenti sono tutti nitrogenati ed appartengono alla classe degli albuminoidi. Tali sono p. e. la diastasi, il glutine, l'albumina, il succo gastrico, alcune membrane animali &c &c. La fermentazione per cui si decompone lo zucchero in acido carbonico ed alcool dicesi fermentazione alcoolica; quella per cui si trasforma l'alcool in acido acetico chiamasi fermentazione acetica. Le fermentazioni sono dei quei fenomeni che dipendono dall'azione catalitica, poichè il fermento nulla dà alla sostanza fermentabile e nulla riceve da essa: così p. e. nella fermentazione dello zucchero si trova il peso dell'alcool e dell'acido carbonico precisamente uguale al peso dello zucchero decomposto. La putrefazione o fermentazione putrida poi differisce dalle altre fermentazioni anche in questo che la putrefazione una volta cominciata non ha più bisogno di un agente estrinseco per continuare, ma da se stessa si

ridurre a tre e sono:

1ª. Il zucchero cristallizzabile, così detto perché il solo che prenda delle ben determinate figure cristalline, si trovano negli organi di molte piante e specialmente nell' arundo saccarifera, d'onde il nome di zucchero di canna, nelle barbabietole, nelle carote, nelle castagne, negli ananassi, nei fichi ed in generale in tutti i frutti delle piante che vegetano nei climi caldi. E' solubile in $\frac{1}{3}$ di acqua fredda ed in una quantità molto minore di acqua bollente. Si fonde ai 160° in un liquido viscoso che col raffreddamento si rappiglia in una massa amorfa e trasparente la quale col tempo diventa opaca ritornando le molecule alle posizioni primitive. Scaldato oltre i 210° si trasforma in una sostanza bruna solubilissima e di azione acida chiamata acido caramellico. Lo zucchero cristallizzabile mantenuto fuso per qualche tempo, o fatto bollire lungamente nell'acqua perde la proprietà di cristallizzare; gli acidi diluiti e specialmente i minerali vi producono lo stesso effetto. Poche

---

propaga per tutta la massa, anche collocate in vasi chiusi, fino a risolverla completamente in altri composti. I materiali organici che non appartengono alla classe de' fermenti si dicono imputrescibili; ma non tutte le sostanze imputrescibili sono fermentabili. così a cagion di esempio le resine si conservano indecomposte anche a contatto dei fermenti.

gocce di acido solforico bastano a far si' che non cristallizzi una soluzione satura di zucchero (1).

2°. Il zucchero incristallizzabile, detto anche zucchero de' frutti acidi perche' esiste nel sugo dei frutti che prima di maturare hanno un sapore alquanto acre, come uva, prugne, ciliege, ribes. A questa specie appartiene anche il zucchero del latte chiamato lattosa o lattina, il zucchero liquido che esiste nelle parti sciroppose del miele e nelle melasse o residui delle cristallizzazioni de' zuccheri di prima specie. Gli acidi diluiti a contatto dell'aria non producono effetto alcuno sullo zucchero de' frutti acidi, e questo e' il mezzo piu' sicuro per distinguerlo dallo zucchero cristallizzabile.

3°. La glucosa, detta anche zucchero mammelonare per la forma emisferica che prendono i gruppi delle sue molecule nel passare che fanno a stato

---

(1). Lo zucchero cosi' modificato dagli acidi dicesi zucchero invertito, perche' fa deviare a sinistra il piano di polarizzazione della luce, laddove il zucchero cristallizzabile e la glucosa lo fanno deviare a destra. Anche il zucchero dei frutti acidi fa deviare a sinistra il piano di polarizzazione ma non e' poi invertito dagli acidi. Su questi fatti e' costruito il saccarimetro di M. Soleil che serve a determinare la quantita' di zucchero cristallizzabile che si trova in una soluzione zuccherina purche' questa non contenga altre sostanze attive, cioe' capaci di far deviare il piano di polarizzazione.

solido, è quella materia zuccherina che in piccoli granelli viene abbandonata dalle soluzioni sciroppose del zucchero de' frutti acidi e da quello di canna fatto bollire con qualche acido diluitissimo. Glucosa è pure lo zucchero che in grani viene depositato dalle api nel mele e che si forma in alcuni organi degli animali; e glucosa è il zucchero che si ottiene artificialmente per l'azione degli acidi sulle materie amidacee, sulla cellulosa, e quindi sulla segatura di legno, sul cotone, canapa, lino &c. &c. La glucosa è meno dolce e meno solubile nell'acqua delle altre due specie di zucchero; si rammollisce ai 60°, si liquefà ai 100°, ed allora prende la costituzione atomica dello zucchero incristallizzabile.

Alcuni ossidi e cloruri metallici entrano in combinazione cogli zuccheri, donde risultano i saccarati ed i glucosati; altri invece alla temperatura dell'ebollizione sono ridotti dagli zuccheri specialmente sotto l'influsso di un alcali. Per questa via si possono facilmente ripristinare l'oro e l'argento dai loro cloruri e l'argento anche dal suo nitrato.

Si appellano saccaroidi quelle sostanze organiche che hanno sapore dolce, ma non subiscono la fermentazione alcoolica: tali sono a cagion d'esempio la mannite, la quercite, la sorbina &c. alcune delle quali sono assai sparse nei sughi di vari vegetali.

Gomma e mucillaggine

153. *Nel tessuto cellulare di molti vegetali esiste un sugo denso e filante cui si dà il nome di gomma, se trasuda spontaneamente dalle piante e di mucillaggine vegetale se si estrae dalle piante per mezzo della pressione e dell'acqua bollente. Tutte le gomme e mucillaggini vegetali sono incristallizzabili, inodore, insipide, poco atte a formare composti salini ed insolubili nell'alcool, il quale anzi lesa precipitare dalle loro soluzioni acquose. Le soluzioni acquose di gomma fatte bollire coll'acido solforico cambiano affatto costituzione; la gomma per l'azione catalitica dell'acido solforico prima si trasforma in un altro materiale organico chiamato destrina e poi in glucosa. L'acido nitrico diluito nella metà del suo peso di acqua converte le gomme in parte in acido ossalico, ed in parte in un altro acido pochissimo solubile nell'acqua chiamato acido mucico*(1).

Si possono distinguere tre specie di gomme.

1°. La gomma arabica che scola da diverse specie di acacie, e ci viene per lo più dal Senegal sotto forma di piccole masse biancastre o giallognole, fragili e semitrasparenti

---

(1). *Si aggiunga* » *Anche il semplice contatto dell'aria prolungato per molto tempo inacidisce le soluzioni di gomma, a motivo dell'acido acetico e lattico che si producono mentre le gomme lentamente si decompongono. Si possono &c.*

fragili o semitraoparenti. Questa specie di gomma è molto solubile nell'acqua e gli concilia una consistenza che la rende idonea a mantenere in sospensione le sostanze insolubili molto divise. Per tale maniera si mantiene sospeso nell'acqua il tannato di ferro che costituisce l'inchiostro comune da scrivere.

2°. La gomma nostrale che trasuda da molti frutti ed alberi fruttiferi, per lo più colorata in rosso bruno, pochissimo solubile nell'acqua fredda ed in parte salamente nella bollente. La porzione solubile ha molta analogia coll'arabica.

3°. La gomma dragante che viene comunemente in commercio sotto forma di nastri attorcinati ed un poco elastici. Posta nell'acqua anche bollente questa specie di gomma non si scioglie, ma si gonfia aumentando cento volte e più il suo volume.

Tutte le diverse specie di gomma debbono le loro proprietà ad un principio detto gommoso che presentandosi sotto tre diversi stati isomerici ha avuto i nomi di **arabina**, cerasina e **bassorina**; perchè il primo abbonda nell'arabica, il secondo nella nostrale, ed il terzo in una specie quanto alle proprietà chimiche molto analoga alla dragante chiamata **bassora**.

Materia amilacea

154. Isomera colla gomma è la materia che di

cesi amilacea, e trovasi anch'essa nelle cellule di molti vegetali, ed in particolare nelle radici tuberose e nei semi di quasi tutte le piante leguminose e graminacee. Questa materia che dissecata presenta una struttura glanulosa prende il nome di amido quando si trae dai semi dei cereali, e di fecola allorchè si educe dalle radici, dai fusti e specialmente dai pomi di terra. L'amido, e lo stesso dicasi della fecola, è affatto insolubile nell'acqua si fredda che calda; ma fatto bollire nell'acqua si disgrega e si gonfia per modo che ciascun grano viene ad occupare uno spazio 80 volte maggiore del primitivo. La massa gelatinosa che ne risulta chiamasi colla di amido ed è un ottimo reagente per iscoprire le più piccole quantità di iodio. Il vivo color blu che ci offre un liquido amidaceo trattato con una soluzione di iodio illanguidisce a misura che si riscalda, ed a 66° dileguasi completamente; col raffreddamento torna di nuovo a comparire il colore, e svanisce se riscaldisi un'altra volta, e così di seguito finchè tutto lo iodio non sia evaporato.
L'amido riscaldato sopra i 140° acquista il colore dell'ambra, subisce un principio di torrefazione, e rimanendo isomero per una semplice trasposizione di sue molecule diviene destrina (1.)

---

(1) La destrina è stata così chiamata perchè fa deviare fortemente a destra il piano di polarizzazione della luce

Più oltre riscaldato si liquefà, annerisce, dà luogo a sviluppo di acido carbonico, ossido di carbonio e carburi d'idrogene, e lascia per residuo un carbone leggero e lucente. La destrina si distingue dall'amido per la sua solubilità nell'acqua e perchè non è colorata dallo iodio. Molti acidi minerali e vegetali diluiti trasformano parimenti l'amido in destrina e poi anche in glucosa. La trasformazione dell'amido in destrina e glucosa si ottiene meglio e più facilmente mediante la diastasi. E' la diastasi una sostanza nitrogenata che si sviluppa nei germi dei cereali. Una parte di orzo germinato è sufficiente a convertire in destrina 16 di amido o di fecola.

Oltre all'amido, alla fecola e alla destrina fra le sostanze amilacee abbiamo pure l'inulina, che trovasi nelle radici di varie piante e la lichenina che esiste in alcuni muschi e licheni. Ambedue queste sostanze sono isomere coll'amido e dagli acidi diluiti sono convertite in glucosa.

Cellulosa.

155. L'esame microscopico delle diverse parti che costituiscono i vegetali ci le mostra composte tutte di un tessuto cellulare o vascolare deno-

---

e per questa sua proprietà si distingue dalle gomme che fanno deviare a sinistra il piano suddetto.

minato cellulosa, nei cui vani hanno la loro sede gli svariatissimi materiali che entrano nella loro composizione. La cellulosa è isomerica colle materie gommose ed amilacee, ma da queste facilmente si distingue per la grande resistenza che oppone agli agenti chimici. La cellulosa è diafana, incolora, insolubile nell'acqua, nell'alcool, nell'etere e negli olî fissi e volatili. E' pochissimo attaccata dagli acidi diluiti, ma l'acido solforico monoidrato e l'acido fosforico la trasformano prima in destrina e poi in glucosa. L'acido nitrico fumante, ossia un miscuglio di acido nitrico e solforico concentrati trasmutano la cellulosa in un composto sommamente esplosivo che dicesi pirossilo o pirossilina ovvero cotone polvere, perchè d'ordinario a prepararlo si adopera il cotone cardato che è cellulosa quasi pura (1). Il pirossilo offre il medesimo aspetto del tessuto fibroso impiegato ad ottenerlo salvo che le sue fibre sono più fragili. Alla temperatura di 140°, e

---

(1). Un metodo più vantaggioso e più comodo per ottenere il pirossilo consiste nell'immergere poco alla volta una parte di cotone soffice e bene privato di umidità in 20 di secco nitrato di potassa sciolto in 30 di acido solforico della densità di 1,8. La soluzione del pirossilo nell'etere alcoolizzato si appella collodion perchè esposta all'aria diventa una colla tenacissima in grazia della pronta evaporazione dell'etere.

spesso anche prima s'infiamma, e la combustione è al sommo istantanea. E' insolubile nell'acqua e nell'alcool, ma sciogliesi nell'etere misto ad $\frac{1}{16}$ di alcool. Nei vegetali specialmente a grosso fusto il tessuto cellulare si va successivamente riempiendo di una materia solida detta legnosa. Il legnoso unitamente al tessuto cellulare ed ai pochi centesimi di quelle sostanze organiche ed inorganiche, che durante la vegetazione si vanno anch'esse depositando nei vani della cellulosa costituiscono ciò che dicesi legno. Non si è fin qui trovato un mezzo per isolare il legnoso allo stato di purezza, perciò non si può decidere se questa sostanza sia sempre identica nei diversi vegetali.

Materia gelatinosa.

156. Dalla polpa dei frutti maturi e anche de' frutti acerbi e di alcune radici dopo che hanno subito la cottura si ottiene una massa molle, tremola, trasparente, di sapore dolciastro, che dicesi gelatina vegetale. La gelatina vegetale separata dagli acidi organici, dai sali, e dalle materie zuccherine ed albuminose che contiene si riduce ad una massa bianca, solubile nell'acqua, incristallizzabile, che chiamasi pettina. Si credeva per lo passato che la pettina non fosse altro che una porzione di cellulosa dagli acidi e dal calore trasformata in sostanza molle e solu

bile; ora poi è dimostrato dai fatti che quella materia dura ed insolubile della polpa de' frutti immaturi che durante la maturazione o la cottura si trasforma in pettina non è cellulosa, ne' un composto di cui la pettina sia un componente, ma un principio organico sui generis cui si è dato il nome di pettosa. La modificazione adun que che subiscono i frutti durante la maturazione (e lo stesso dicasi quanto ai frutti acerbi e ad alcune radici bulbose durante la cottura) oltre alla metamorfosi di una parte degli acidi tartrico, malico, citrico ed ossalico in fecola, destrina e zucchero, comprende anche l'azione che un' altra parte degli acidi medesimi esercita sulla pettosa per convertirla in pettina. La pettina abbandonata a se stessa per qualche tempo specialmente a contatto dell'acqua o degli alcali si cangia in un acido assai energico detto acido metapettico, a cui dobbiamo l'inacidirsi che fanno le frutta dopo la maturazione.

Anche alcune materie animali come la pelle e le cartilagini bollite nell'acqua vi si sciolgono completamente e col raffreddamento si rappigliano in una massa molle e viscosa di gelatina animale Questa gelatina contiene il nitrogene, ed è perciò affatto diversa dalla gelatina vegetale. Presentemente si ammettono due specie di gelatina animale; una è quella che si trae dalla pelle, dalle membrane intestinali e dai tendini che ha conservato il nome di gelatina, l'al-

tiva è quella che ci è somministrata dalle materie cartilaginose, ed ha avuto il nome di condrina. Le soluzioni di condrina sono precipitate dal solfato di allumina e di potassa e dal solfato di ferro, che non intorbidano le soluzioni di gelatina.

Materia albuminoide.

157. Si chiamano albuminoidi quei materiali organici nitrogenati, che quando sono umidi esposti all'aria prontamente si decompongono ed agiscono come fermenti, ma privi affatto di umidità ed esposti a moderato calore divengono duri, fragili, semitrasparenti e difficili a decomporsi alla temperatura ordinaria. Tutti gli albuminoidi si sciolgono nella potassa e nella soda caustiche, e se in queste soluzioni si versi dell'acido acetico precipita una sostanza nitrogenata che dicesi proteina, e si crede essere il principio essenziale di tutti gli albuminoidi. Gli albuminoidi meglio caratterizzati sono la fibrina, l'albumina, e la caseina, e tutti tre abbondano tanto nel regno vegetale quanto nell'animale; ne è priva di fondamento l'opinione che la fibrina, l'albumina e la caseina del regno animale sia la stessa fibrina, albumina e caseina del regno vegetale, che senza cambiare affatto di costituzione passi da questo all'altro regno.

Trovasi la fibrina nei semi di varî cereali e specialmente nel frumento; nel regno animale abbon-

dantemente la contiene la carne muscolare, e quella parte del sangue che si coagula quando è sottratto all'influsso della vita. La fibrina è molle, elastica, semidiafana, affatto insolubile nell'acqua, nell'alcool e nell'etere; ma una lunga ebollizione nell'acqua la scioglie in parte. All'aria umida assorbe l'ossigene, e subisce la putrefazione molto più presto dell'albumina. Nell'alcool si mantiene senza alterazione per un tempo indefinito.

L'albumina è molto diffusa nei vegetali, dove esiste o coagulata nei loro tessuti, o sciolta nei liquidi che circolano nei loro vasi. Anche più diffusa è l'albumina nel regno animale: il siero del sangue e il bianco dell'uovo sono quasi pura albumina sciolta nell'acqua.

L'albumina si presenta sotto due stati isomerici ben distinti, cioè di albumina solubile o sciolta, e di albumina coagulata od insolubile. L'albumina de' vegetali si coagula verso i 100°, il siero umano verso i 70° ed ai 60° circa il bianco dell'uovo. Oltre al calorico, alcuni acidi, l'alcool, l'etere, il cromo, il bromo, lo iodio coagulano l'albumina e la fanno passare allo stato insolubile. Le basi vi si combinano anche più stabilmente degli acidi, perchè l'albumina è più disposta a fare da acido che da base, ed i composti che ne risultano sono quasi tutti insolubili. Quindi è che l'albumina è un contravveleno molto efficace specialmente negli avvelenamenti prodotti dal bicloruro di mercurio; ed il bicloruro di mercurio

riesce utilissimo a rendere imputrescibile e dure le sostanze animali.

Anche la caseina esiste nei semi di molti vegetali, e nel regno animale ci è somministrata dal latte. La caseina è amorfa, giallognola, quasi insipida ed inodora. Differisce dall'albumina perchè sciolta nell'acqua non si coagula nemmeno ai 100°; e si coagula anche alla temperatura ordinaria sotto l'influsso del presame (1). Inoltre la caseina è un poco solubile nell'alcool e nell'etere diluiti; in quanto alle altre sue proprietà non differisce dall'albumina e dalla fibrina.

Fra i prodotti vegetabili appartenenti alla classe degli albuminoidi merita di essere conosciuto il glutine, sostanza importantissima che abbonda nei semi dei cereali, e sopratutto del frumento. Rimescolando una densa pasta fatta con acqua e farina di frumento sotto un sottile zampillo di acqua, finchè questa esca del tutto limpida, resta una pasta molle, insipida ed elastica, la quale sbarazzata da poche sostanze eterogenee che sempre vi rimangono imprigionate appellasi glutine per

---

(1). Il presame o caglio è una membrana mucosa che si trae dal quarto stomaco od abomaso dei piccoli vitelli, degli agnelli e dei capretti. Questa membrana disseccata determina l'accagliamento della caseina, o immediatamente per via di azione catalitica, o mediante la metamorfosi della lattosa in acido lattico.

la proprietà che ha di essere oltremodo attaccatiç cia. Dal glutine per mezzo dell'alcool diluito e bollente si separano tre principî del tutto analoghi alla fibrina, albumina e caseina degli animali; cosicchè nel frumento si rinvengono tutte le principali specie degli albuminoidi.

Corpi grassi.

158. Col nome di corpi grassi comunemente s'intendono quei materiali organici insolubili nell'acqua che facilmente si fondono e distesi sulla carta la rendono trasparente. Molti corpi grassi ci vengono somministrati dal regno vegetabile e dall'animale; ed è opinione della maggior parte dei chimici che gli animali si assimilino i materiali grassi dei vegetali senza fare ad essi subire cambiamento nõtabile. I corpi grassi che alla temperatura ordinaria sono liquidi si dicono olî; tali sono per lo più quelli del regno vegetale, ma se ne trovano anche nell'animale come l'olio di merluzzo, di delfino &c. Si gli olî che i grassi hanno tutti un peso specifico minore dell'acqua; il loro punto di fusione varia fra il $-5°$ ed il $62°$, e non distillano sotto l'ordinaria pressione atmosferica senza decomporsi. Esposti all'aria lentamente ne assorbono l'ossigene ed inacidiscono; fra gli olî però ve ne sono alcuni che assorbono in tanta quantità che arrivano a solidificarsi, e questi si appellano seccati-

vi : tali sono l'olio di noce, di lino, di ricino &c. .
L'alcool, l'eteré e gli oli volatili sciolgono un po. co i corpi grassi; ma il migliore solvente de' grassi solidi sono i grassi liquidi.

La maggior parte de' grassi ed oli animali non sono un solo principio immediato, ma la riunione di più principii immediati che difficilmente si separano gli uni dagli altri.. I principii che si trovano nella maggior parte degli oli e dei grassi animali sono la stearina, la margarina e la oleina. Questi tre principî, che tutti uniti assieme ovvero a due a due formano i diversi corpi grassi, si comportano cogli agenti chimici a guisa di sali cioè di stearati, margarati ed oleati di una medesima base a cui si è dato il nome di glicerina. Infatti se si scaldi un corpo grasso col protossido di piombo in presenza dell'acqua, il protossido di piombo si salifica, e nell'acqua rimane sciolto un liquido sciropposo di sapore dolciastro che è la glicerina. L'operazione che trasforma i corpi grassi in glicerina ed in acidi dicesi saponificazione, ed i composti solubili ed insolubili che risultano per la combinazione delle basi minerali cogli acidi dei corpi grassi si appellano saponi.

La stearina o stearata di glicerina è solida, bianca e cristallizza in lamine brillanti. Si fonde ai 62°, ed è solubile nell'alcool ed etere bollenti. Trattata con una soluzione di potassa e poi coll'acido tannico dà l'acido stearico che cristalliz-

zato prende l'aspetto della madreperla.

La margarina o margarato di glicerina e simile alla stearina, salvo che si fonde a soli 47°. L'acido margarico si ottiene come lo stearico, da cui non differisce se non per la maggiore fusibilità.

L'oleina od oleato di glicerina costituisce la parte fluida de' grassi e degli olî, e mentre abbonda in questi scarseggia in quelli. L'oleina si conserva liquida anche al −12°; è incolora, insipida, e senza odore. Trattata con un acido energico, questo s'impossessa della glicerina e resta separato l'acido oleico, che è un liquido solubilissimo nell'alcool, nell'etere e negli olî volatili, ma è insolubile nell'acqua. L'acido oleico esposto all'aria assorbe l'ossigene e s'ispessisce; sottoposto a forte calore si decompone lasciando un residuo cristallino chiamato acido sebacico.

Ai corpi grassi appartengono anche le cere sebbene abbiano diversa composizione. Nel regno vegetale si trova la cera nel polline di tutti i fiori, nelle bacche di molte mirice specialmente della myrica cerifera, in varie palme del Brasile ed in altre piante. Fra le cere animali poi si distinguono la cera della lina, che è il prodotto di una secrezione determinata su vari alberi dalla puntura di un insetto del genere dei coccus, e la cera delle api che è la più nota ed abbondante. La cera delle api costituisce la parte solida dei loro alveari, è gialla ed ha l'odore del miele; ma esposta all'azione dell'aria umida e del sole assor-

be un poco di ossigene, la materia colorante ed o-
dorosa si distrugge e diventa cera bianca, fusibi-
le verso i 65° e fragile a zero.

La cera delle api è una mescolanza a propor-
zioni non sempre costanti di cerina, ceroleina e
miricina. Queste tre sostanze si separano facil-
mente l'una dall'altra per mezzo dell'alcool bol-
lente, che non scioglie la miricina, e col raffred-
damento lascia precipitare la cerina, ritenendo
in soluzione solamente la ceroleina. La cerina
è bianca, cristallizzabile e meno fusibile della ce-
ra. Unita ad un etere costituisce senz'altro prin-
cipio la cera della lana.

La ceroleina è molle, amorfa e più fusibile del
la cera. E' più ricca di ossigene della cerina e
della miricina. La ceroleina si appella ancora a-
cido cerolico e la cerina acido cerotico perchè si
è trovato che hanno le proprietà degli acidi. La
miricina è solubile nell'acqua, e si ottiene in cri-
stalli leggeri e plumiformi. Si fonde ai 71°, ed a
temperatura più elevata sublima senza decom-
porsi.

Alcool e suoi derivati.

159. Quantunque la voce alcool sia ora di-
venuta generica, pure quando nulla vi si aggiun
ge si vuole con essa significare quel liquido vo
latile e spiritoso, in che si converte la materia
zuccherina dell'uva e di altri frutti, e l'amila-
cea di molti cereali allorchè subiscono la fer-

mentazione. L'alcool si separa dall'acqua e dalle altre sostanze meno volatili colla distillazione, ma in questa maniera non si ottiene mai perfettamente anidro. Per averlo tale si tratta col secco carbonato di potassa che è del tutto insolubile nell'alcool, ovvero si torna più volte a distillarlo dopo averci tenuto per qualche tempo a contatto la calce viva. L'alcool anidro (1) ha tanta affinità per l'acqua che assorbe prontamente l'umidità dell'aria e dei corpi organici che vi s'immergono; scioglie in copia il ghiaccio, precipita anidri molti sali dalle loro soluzioni acquose, e mescolato all'acqua svolge calorico, ed il miscuglio si contrae scemando in volume. Questa contrazione fra l'acqua e l'alcool ha sempre luogo, ma allora è massima quando 53,7 volumi di alcool anidro si mescolano a 49,8 di acqua. L'alcool anidro e diluito scioglie i gas in proporzione maggiore dell'acqua. Esso scioglie anche molti corpi che sono appena solubili o del tutto insolubili nell'acqua: tali sono p. e. il bicloruro di mercurio, il iodio, il bromo, il fosforo, il solfo; tali pure sono fra le sostanze organiche gli alcaloidi, alcuni acidi, gli eteri, gli oli volatili, le materie grasse,

---

(1). Per conoscere se l'alcool è perfettamente anidro, basta immergervi un frammento di solfato di rame ben secco. Questo sale che è bianco si colora in blu se l'alcool contiene un poco di acqua.

le resine, la cera, la canfora ed in generale i materiali che contengono molto idrogene. L'alcool anidro agisce come veleno sull'economia animale, togliendo l'acqua alle parti che tocca e coagulando l'albumina.

160. L'azione degli acidi sull'alcool è oltremodo varia ed interessante. Mescolando due parti di acido solforico monoidrato con una di alcool anidro si ottiene un liquido acidissimo detto acido solfovinico, il quale unendosi alle basi forma i solfovinati che sono tutti solubili.

Che se una parte di alcool che contenga almeno 85 per 100 di alcool anidro si mescoli ad una parte e mezzo di acido solforico monoidrato, ed il miscuglio si mantenga alla temperatura di circa 140° distilla un liquido volatilissimo ed odoroso che fu detto etere (1), perchè all'epoca della sua scoperta era il più leggero de' liquidi conosciuti. L'etere a contatto dell'aria

---

(1). L'etere così ottenuto si soleva chiamare etere solforico; ma questa denominazione è divenuta difettosa dopochè si sono scoperte molte altre sostanze oltre l'acido solforico che hanno la forza di trasformare l'alcool in etere. Tali sono fra gli acidi il fosforico, l'arsenico, il cromico, il fluborico; e fra i corpi non acidi i cloruri di zinco, di stagno, di calcio, di strontio, i fluoruri di boro e silicio ed il bijoduro di mercurio. Alla denominazione di etere solforico si è perciò sostituita quella di etere tipo, etere comune, o più semplice

assorbe l'ossigene ed in parte trasformasi in acido acetico. Acceso brucia con fiamma più viva di quella dell'alcool, e deposita del nero fumo sui corpi freddi che vi s'introducono. L'acqua scioglie $\frac{1}{9}$ circa del suo peso di etere; se a questa soluzione si aggiunga una quantità maggiore di etere questo forma uno strato separato al disopra della soluzione.

L'alcool e l'etere poi si sciolgono mutuamente in tutte le proporzioni. L'azione dell'etere sugli animali è molto energica; i suoi vapori respirati per qualche tempo producono una specie di ebbrezza accompagnata da insensibilità.

Se poi una parte di alcool si tratti con sei o più parti di acido solforico monoidrato a temperatura non inferiore ai 160°, piccolissima è la quantità di etere che si forma, ed invece si ottiene un abbondante sviluppo di bicarburo d'idrogene, gas incoloro che brucia all'aria con fiamma brillante, e che fu detto anche gas olefico, perchè combinandosi al cloro sotto l'influsso della luce forma un liquido oleoso chiamato liquore degli Olandesi.

La formazione dell'etere e del bicarburo d'idrogene in forza dell'acido solforico non pare si possa spiegare altrimenti che attribuendola a quell'azione misteriosa che dicesi di presenza o catalitica. Gay Lussac e dopo lui gli altri Chimici per mol-

---

mente di etere senza alcun aggiunto.

to tempo attribuirono la generazione dell'etere e del bicarburo d'idrogene all'affinità dell'acido solforico per l'acqua. Infatti se si osservino le formole dell'alcool $C^4H^6O^2$, dell'etere C^4H^5O, e del bicarburo d'idrogene C^4H^4, si vede che togliendo alla prima HO ovvero 2HO si ottiene la seconda oppure la terza. Ma che questo effetto non debba ripetersi dall'affinità dell'acido solforico per l'acqua lo dimostrano alcuni fatti recentemente scoperti. Questi fatti sono 1.° che l'etere si può ottenere dall'alcool per mezzo di sostanze le quali non hanno la menoma affinità per l'acqua: 2.° che l'operazione stessa con cui si ottiene l'etere mediante l'acido solforico si può condurre in guisa che l'acqua separata dall'alcool distilli insieme coll'etere senza combinarsi all'acido.

L'equivalente di O che si contiene nell'etere C^4H^5O può essere rimpiazzato da un'equivalente di cloro o di bromo, o di iodio, o di solfo o di cianogene, e le sostanze che ne risultano C^4H^5Cl, C^4H^5Br, C^4H^5I, C^4H^5S, C^4H^5Cy si appellano etere cloroidrico, etere bromoidrico, etere iodoidrico, etere solfoidrico, etere cianoidrico, sebbene questi composti non contengono gli acidi cloroidrico, bromoidrico &c, ma i soli elementi negativi degli acidi medesimi. Tutti questi eteri unitamente all'etere tipo costituiscono la famiglia degli eteri detti semplici per distinguerli dalle combinazioni che risultano di un etere e di un acido, alle quali si dà la denominazione generica di eteri composti. Tali sono p. e. l'etere nitrico, che risulta dall'azione diretta dell'acido nitri-

co sull'alcool, l'etere acetico, che si ottiene facendo agire sull'alcool l'acido acetico, l'etere ossalico, l'etere solforico o solfatico (1), l'etere carbonico, &c. &c.

161. Rimarchevole è pure l'azione che esercitano sull'alcool alcune basi e sali, poichè non solamente vi formano dei composti a proporzioni definite detti alcoolati, in cui l'alcool conserva la sua costituzione, ma danno origine ancora a dei composti ne' quali la natura dell'alcool è totalmente cambiata. Così p. e. i nitrati di argento e di mercurio producono coll'alcool i fulminati di argento e di mercurio, e l'ipoclorito di calce vi produce quel composto $CHCl^3$ che fu detto cloroformio quando si scoprì che a contatto di una soluzione di potassa dà del cloruro di potassio e del formiato di potassa (2). E' il cloroformio un liquido oleoso di odore etereo che bolle ai 60°. Esso scioglie tutti gli alcaloidi vegetali, i corpi

---

(1). l' etere solforico, che si ottiene facendo arrivare i vapori dell'acido solforico anidro in un recipiente che contenga dell' etere puro e secco, si chiama da taluni etere solfatico per meglio distinguerlo dall'etere comune impropriamente chiamato etere solforico.

(2) L'acido formico composto di C, H ed O naturalmente si trova nelle formiche, artificialmente poi si produce in molte reazioni chimiche ed è uno di quei pochi materiali organici, che la chimica ha potuto preparare con elementi del tutto inorganici.

grassi; molte resine, la guttaperca, ed è divenuto celebre per la sua virtù anestetica, da che appressato alle labbra od alle narici in pochi minuti produce un assopimento che può divenir letale, se l'inspirazione si prolunghi troppo, o se il cloroformio non sia bene preparato.

Oltre all'alcool propriamente detto si conoscono già molti altri materiali organici, ai quali pure si dà il nome generico di alcool, perchè hanno proprietà simili all'alcool del vino, e dànno origine a dei composti analoghi a quelli che sono originati dall'alcool medesimo. Tali sono p. e. l'alcool metilico che si ha dalla distillazione del legno, l'alcool amilico che si produce nella distillazione dei pomi di terra, il cetalico, il ceritico, il melistico, &c., che si ottengono dal grasso di balena, dalle cere, dal miele &c. Ciascuno poi di questi materiali alcoolici è il tipo e l'origine di una famiglia numerosa di eteri semplici e composti, che per la loro costituzione e per le loro reazioni somigliano a' prodotti eterei dell'alcool del vino. Così dall'alcool metilico abbiamo l'etere metilico, metilocloroidrico, metilobromoidrico &c, che corrispondono agli eteri semplici nella famiglia degli eteri comuni; e l'etere metilosolforico, metilossalico, metilacetico, che corrispondono agli eteri composti della famiglia medesima.

Oli volatili.

162. Si chiamano oli volatili od essenze quei

organici molto volatili e dotati di odore assai vivo ed acuto che si traggono da vari organi delle piante aromatiche. Per la massima parte, gli olî volatili si trovano naturalmente formati in piccolissimi otricelli o glandule nelle diverse parti de' vegetali aromatici; alcuni pero' non si trovano naturalmente formati, ma hanno origine da una certa metamorfosi che provano certi principii vegetabili quando sono lasciati a contatto dell'acqua. Gli olî volatili sono per lo piu' liquidi, ma ve n'ha anche di quelli che nella temperatura ordinaria sono solidi. Esposti all'azione dell'atmosfera tutti assorbono l'ossigene e divengono perciò piu densi (1). Sono pochissimo solubili nell'acqua ma molto nell'alcool; e le loro soluzioni alcooliche vengono intorbidate dall'acqua, che impossessandosi dell'alcool, obbliga gli olî volatili a separarsi.

Alcuni olî volatili non contengono che carbonio ed idrogene e si chiamano idrocarburi. Questi

---

(1). Molti oli volatili per l'azione dell'ossigene dell'aria si acidificano; cosi l'essenza di cannella si trasforma in acido cinnamico, l'essenza di valeriana in acido valerianico &c. Ma in generale gli olî volatili per il contatto dell'aria si trasformano in resine, acido acetico ed acido carbonico: cio' spiega i casi di asfissia determinati dal soggiorno nei magazzini ove si conservano delle grandi quantità di essenze contenute entro de' vasi non perfettamente chiusi.

per la massima parte sono isomeri e vengono espressi dalla formola C^5H^4 o da qualche multiplo della medesima. Fra gli oli volatili idrocarburi il più interessante è l'olio volatile di trementina che si ottiene distillando la trementina mescolata al sestuplo del suo peso di acqua, e purificando il primo prodotto per mezzo di una seconda distillazione. Quest'olio volatile vale a sciogliere una certa quantità di solfo e di fosforo, come anche molte resine e altri composti organici. L'acido cloroidrico si combina facilmente all'olio volatile di trementina ed il liquido saturato a caldo deposita nel raffreddarsi dei cristalli di cloroidrato di olio di trementina conosciuto da gran tempo sotto il nome di canfora artificiale. Agl'idrocarburi appartengono anche gli oli volatili di ginepro, di prezzemolo, di arancio, di limone, &c.

Altri oli volatili sono idrocarburi ossigenati cioè contengono ancora l'ossigene. Tali sono p. e. la canfora e l'essenza di mandorle amare. La canfora è solida, bianca, fragile, semidiafana, di sapore acre, e del peso specifico di 0,98. Si fonde ai 175° e bolle sopra i 200°. Brucia all'aria con fiamma bianca e fuliggiosa senza lasciare alcun residuo. Per iscioglersi esige $\frac{5}{6}$ del suo peso di alcool e si scioglie anche negli oli fissi, nell'acido acetico e nell'acido nitrico a freddo però, perchè a caldo l'acido nitrico lo converte in acido canforico. L'essenza di mandorle amare è uno di quegli oli volatili che non esistono formati

negli organi delle piante, ma è il prodotto di una trasformazione, che a contatto dell'acqua subisce l'amigdalina (quel principio esistente nelle mandorle amare e non nelle dolci) in virtù di un fermento attivissimo detto sinaptasi od emulsina, che si trova nelle mandorle si amare come dolci. L'essenza di mandorle amare tiene un posto distinto fra gli oli volatili, perchè ha servito di punto di partenza a quella classe numerosa di materiali organici che costituiscono la così detta serie benzoica. Il solo contatto dell'aria atmosferica basta a trasmutare l'essenza di mandorle amare in acido benzoico; e questo distillato con tre volte il suo peso di calce produce la benzina liquido oleoso che si forma nella decomposizione di molte sostanze organiche e si trova in quantità notabile fra gli oli volatili che si generano nella preparazione del gas per la illuminazione. Finalmente fra gli oli volatili ve ne sono alcuni che contengono anche il solfo e si appellano idrocarburi solforati. Di questi idrocarburi se ne conoscono due bene determinati, e sono l'essenza d'aglio, la quale si ottiene distillando coll'acqua i suoi spicchi, e l'essenza di senapa, che non esiste naturalmente formata nei grani della senapa, ma a contatto dell'acqua vi si sviluppa in forza di un particolare fermento chiamato mirosina contenuto nei grani medesimi.

Resine.

163. *Dalla corteccia di molte piante trasudano dei sughi più o meno viscosi, che a contatto dell'aria si addensano, ed immersi nell'acqua ricusano di sciogliersi; ma si sciolgono nell'alcool, nell'etere, negli olî grassi e volatili ed in molti acidi. A queste sostanze si dà il nome di materie resinose o di resine.*

Tutte le resine si possono considerare prodotte dall'azione dell'ossigene dell'aria sugli olî volatili esistenti nei vegetali. Una differenza caratteristica fra gli olî volatili e le resine è che quelli ad elevata temperatura prendono lo stato aereo senza decomporsi, laddove queste per la sola azione del calorico si decompongono in gas carburi d'idrogene, che bruciano con fiamma brillante ed in altri principii solidi e liquidi di più complicata costituzione.

Le resine sono molto ricche d'idrogene e di carbonio appero assai combustibili, e bruciano con fiamma gialla accompagnata da denso fumo, che è carbonio misto circa al 20 per 100 di materie estranee. Le soluzioni alcooliche delle resine come quelle degli olî volatili, vengono intorbidate dall'acqua che gli concilia l'apparenza del latte a motivo delle minutissime particelle resinose che rimangono sospese nel liquido. Le più interessanti resine sono:

La trementina che ci è somministrata dagli

alberi della gran famiglia dei conifori, e che sottoposta alla distillazione produce quell'olio volatile che dicesi acqua di ragia, che non differisce dall'essenza di trementina (162) se non perchè è meno puro. Il residuo solido della distillazione di trementina appellasi calofonia o pece greca, ed è un composto di varie resine aventi le proprietà degli acidi deboli, e capaci di rimpiazzare gli acidi grassi (158) nella formazione dei saponi.

La coppaie che ci è fornita dal rhus copallinum e da altri alberi dell'America, dura, fragile, di colore giallognolo, e che stropicciata tramanda un lieve odore. Questa resina non si scioglie nell'alcool e nell'essenza di trementina se non a caldo e non è adoperata che a fare alcune vernici.

La resina lacca che trasuda dai rami di più alberi dell'India in conseguenza della puntura fattavi da un insetto chiamato coccus lacca, che vi deposita le sue uova e vi muore. Il colore rosso chiaro di questa resina appartiene all'insetto che vi è sepolto e non all'albero che lo ha nutrito. La resina lacca è il precipuo ingrediente della cera da suggellare, ed è molto usata come sostanza colorante.

Le resine mastice e sandracca che sono molto simili nelle proprietà, e si traggono per via d'incisioni fatte in alcune piante de' climi molto caldi. Ambedue sono in lagrime giallicce, fragili,

trasparenti ed odorose, ma la sandracca ha un o-dore meno soave del mastice, ed il principale loro uso e' alla preparazione di varie vernici.

Il sangue di drago che si ottiene colle incisioni fatte nella dracoena draco grande albero delle isole Canarie ed altre piante, fragilissimo, di un colore bruno carico in massa e rosso in polvere. Questa resina colora in rosso l'alcool, l'etere, gli olî volatili e gli alcali nei quali è solubile.

164. Vi hanno delle resine che contengono una quantità notabile di materie gommose, onde avviene che sono in parte solubili nell'acqua, e la soluzione prende l'apparenza di una emulsione latticinosa a motivo delle resine ed olî volatili che restano in sospensione: a queste resine si dà il nome di gomme-resine; tali sono p.e. la mirra, l'olibano o incenso, il galbano, l'euforbio e l'assafetida.

Altre resine sono caratterizzate dalla presenza di uno o due acidi volatili, cioè dall'acido benzoico e dal cinnamico (162); ed a queste si dà il nome di balsami. Il primo di questi acidi si trova nel benzoino specie di balsamo che viene in commercio sotto forma di masse rosso-brune sparse di lagrime biancastre ed esalanti un odore analogo a quello della vainiglia. Per solo effetto del calorico dal benzoino si ottiene l'acido benzoico, che quando è puro, cioè privo affatto di materia resinosa ed oleosa è bianco, cristallino ed inodoro. L'acido benzoico trattato

coll'acido nitrico concentrato produce l'acido nitrobenzoico, col solforico l'acido solfobenzoico; e scaldato a contatto della calce, come dicemmo di sopra, ovvero fatto passare in vapori attraverso la pietra pomice, si decompone in acido carbonico ed in una nuova sostanza che chiamasi benzina.

La benzina allo stato di purezza e' un liquido oleoso, limpido, di odore soave che alla temperatura zero cristallizza in lamine disposte a guisa delle foglie della felce. Nell'acqua e poco solubile, ma si scioglie benissimo nell'alcool e nell'etere. Essa poi aiutata dal calorico scioglie discretamente bene il solfo, il fosforo e lo iodio, ma non il bromo, onde puo' servire a separare questi due corpi. Perfettamente bene sono sciolti dalla benzina i corpi grassi, le cere e le sostanze resinose; quindi viene con vantaggio sostituita alle essenze per digrassare i corpi e preparare molte vernici. Impiegasi pure la benzina per conciliare splendore alle fiamme dell'alcool e dell'idrogene. Un getto d'idrogene dopo essere passato per una soluzione di benzina brucia con fiamma assai viva.

L'acido nitrico monoidrato trasforma la benzina in nitrobenzina, si ha cioè

$$C^{12}H^{6} + NO^{5},HO = C^{12}H^{5},NO^{4} + 2HO.$$

benzina nitrobenzina

La nitrobenzina e' dunque la benzina in cui un

equivalente d'idrogene è rimpiazzato da un equivalente di acido iponitrico. Questa sostanza, che per la prima volta si ottenne da Mitscherlich nel 1834 è conosciuta sotto il nome di essenza di mirbane o essenza di mandorle amare artificiale, dachè somiglia alla naturale per varie proprietà e specialmente per l'odore.

L'altro acido cioè il cinnamico si trova nello storace e nel balsamo liquido del Perù. Ambedue poi questi acidi, vale a dire il benzoico ed il cinnamico sono riuniti nel balsamo del Tolù e nel balsamo solido del Perù.

165. Molta analogia colle resine hanno le diverse specie di catrame, i bitumi, la gomma elastica e la guttapercha. Il catrame o pece navale è un miscuglio semiliquido di resine e di carburi d'idrogene, che si ottiene colla torrefazione dei legni, del carbon fossile e di altre sostanze animali e vegetali, donde sono venute le appellazioni di catrame minerale, catrame vegetale e catrame animale. Il catrame oltre i molti usi che ha o solo o mescolato ad altre sostanze, serve anche alla preparazione di alcuni prodotti organici, fra i quali si distinguono la paraffina $C^{54}H^{54}$ ed il creasoto $C^{28}H^{16}O^{4}$.

E' la paraffina una materia solida, bianca, inodora, che brucia con bella fiamma senza spandere fumo nè odore e senza lasciare residuo, epperò è adoperata alla fabbricazione delle candele. Col nome di paraffina che viene da parum affinis

si è voluto significare la proprietà che ha di non formare vere combinazioni colla maggior parte dei corpi.

Il creasoto, da χρέας e σώζω vale a dire conservatore della carne, è un liquido oleoso di vivissimo odore, la cui più singolare proprietà è di preservare dalla corruzione le sostanze organiche. Le carni tenute immerse per qualche minuto in una soluzione di creasoto, e quindi esposte al sole si dissecano senza putrefarsi. E' probabile che le carni affumicate si conservino in grazia del creasoto, che fa parte de' prodotti volatili della combustione. Ma conviene osservare che il creasoto coagulando l'albumina cauterizza i tessuti organici ed agisce come veleno sull'economia animale.

Si dicono bitumi quei combustibili fossili analoghi al catrame che naturalmente si producono nel seno della terra per la decomposizione delle sostanze organiche. Alcuni bitumi sono liquidi e simili agli oli volatili. Tali sono la nafta ed il petrolio. La nafta è diafana, di colore giallo chiaro, di odore assai forte e della densità di 0,75; ed è composta di paraffina e di tre carburi d'idrogene liquidi. Il petrolio non differisce dalla nafta che nell'esser più denso e di colore più oscuro probabilmente per una certa quantità di bitume solido che tiene in soluzione.

Gli altri bitumi sono semiliquidi o solidi come la malta o cera di muro, l'asfalto &c. e si credono essere una mescolanza in proporzioni variabili di

un carburo d'idrogene liquido $C^{40}H^{32}$ chiamato petrolene e di una materia solida e nera $C^{40}H^{32}+O^{5}$ denominata asfaltene.

Intermedio fra le resine e i bitumi e' il succino detto anche ambra gialla, che sembra provenire da una particolare alterazione subita nel seno della terra da alcune resine. Si trova il succino in frammenti giallastri, trasparenti, di aspetto vetroso, che sottomessi alla distillazione producono un acido organico particolare chiamato acido succinico.

La gomma elastica o caoutchouc e' il prodotto della disseccazione di un sugo bianco che emana dalla sipleonia elastica e da altre piante dell'America e dell'Affrica, unicamente composto di carbonio e di idrogene nelle proporzioni espresse dalla formola $C^{6}H^{7}$. A dolce calore la gomma elastica si rammollisce quanto basta per saldarsi sopra se stessa. Ai 235° si fonde e dopo il raffreddamento resta semiliquida come la trementina, ma esposta all'aria sotto forma di sottile pellicola si dissecca e indura. A temperatura piu' elevata si decompone, e da' per distillazione degli oli volatili, e diversi carburi d'idrogene solidi e liquidi.

Nell'acqua calda la gomma elastica si fonde e rammollisce senza sciogliersi. Il suo miglior solvente e' un miscuglio di 8 parti di alcool, e 100 di solfuro di carbonio. Ma si scioglie anche assai bene nell'etere, nella benzina e negli oli volatili che si ottengono per distillazione dal legno, dal catra-

nie e dalle resine.

Il cloro e gli alcali non attaccano la gomma elastica, e nemmeno gli acidi anche forti se vi agiscono a freddo. A caldo però l'acido solforico ed il nitrico lentamente la decompongono. Gli usi molteplici della gomma elastica sono cresciuti assai dopochè si è trovato il modo d'impedire che si rammollisca pel caldo e perda pel freddo la sua flessibilità. Ciò si ottiene o immergendola nel solfo fuso e quindi esponendola ad una temperatura superiore ai 100°, ovvero tuffandola per alcuni minuti nel solfuro di carbonio misto al bromuro di solfo: in questo stato la gomma elastica dicesi vulcanizzata. Che se la gomma elastica ridotta in molle pasta per una temperatura di 150° s'incorpori con un quinto del suo peso di solfo, acquista una durezza che la rende capace di ricevere il pulimento e d'imitare il corno, l'osso di balena, l'ebano &c.

Isomera alla gomma elastica è la guttaperca C^5H^7, che si estrae dall'isonandra percha grande albero dell'Asia equatoriale. La guttaperche depurata dalle sostanze accessorie che l'accompagnano è dura, un poco untuosa al tatto, tenace al pari del cuoio e poco meno flessibile. Ai 48° si ammollisce e nell'acqua bollente diviene pastosa a segno che le si può far prendere qualunque forma. Ritirata dall'acqua s'indura per raffreddamento e, senza perdere la forma che ha ricevuto diventa più consistente del legno e del corno. L'alcool, l'etere e gli oli grassi non sciolgono che una piccolissima

quantità di guttapercha. I suoi migliori solventi sono a caldo gli oli volatili e la benzina, ed a freddo il solfuro di carbonio ed il cloroformio.

La guttapercha non rimane alterata pel contatto degli alcali caustici e nemmeno dell'acido fluoridrico, che perciò si conserva bene in boccette di guttapercha. Ma è poi vivamente attaccata dall'acido nitrico concentrato: anche l'acido solforico e il cloroidrico lentamente vi agiscono, la colorano in bruno e la rendono fragile. Questa singolare sostanza non fu portata in Europa prima del 1844 ed ha già avuto innumerabili applicazioni. Più della gomma elastica resiste alla trazione e non subisce alcun cangiamento nei climi caldi e umidi; ma non possiede mai quella flessibilità che caratterizza la gomma elastica. Anche la guttaperchа è stata di recente sottomessa alla vulcanizzazione, ed ha con ciò acquistata maggior durezza e attitudine di resistere al calorico.

I limiti entro i quali ci dobbiamo tenere non permettono che andiamo più oltre nello studio di quei principî immediati neutri che si trovano in una sola o in pochissime specie di esseri organizzati. Chi ama di acquistarne una cognizione precisa e scientifica potrà consultare la terza edizione dell'eccellente Trattato di Chimica del Prof. Sebastiano Purgotti, ovvero le Leçons de Chimie appliquée aux arts industriels par. M. I. Girardin. Quatrième édition.

Digitized by Google

LIBRO TERZO

DEL CALORICO

Nozioni preliminari

167. *La voce* CALORICO *si usa ad esprimere la causa della sensazione del calore. Sulla natura del calorico due sono state le opinioni più celebri: Alcuni lo hanno considerato come una sostanza particolare mobilissima, penetrantissima, imponderabile ed incoercibile che emana dai corpi caldi: Altri all'incontro lo considerano come un movimento vibratorio degli atomi dei corpi, movimento che si trasmette da un atomo all'altro e dall'uno all'altro corpo per mezzo di un fluido sottilissimo ed elasticissimo appellato etere, il quale si suppone diffuso per tutto l'universo. I progressi della fisica moderna ci obbligano ad abbracciare la seconda di queste opinioni, senza però allontanarci dall'uso comunemente seguito di parlare del calorico come di una sostanza particolare, perchè in questo modo se ne possono spiegare con più chiarezza i fenomeni ed il linguaggio riesce più facile e conciso.*

168. *Il calorico oltre al produrre la sensazione del*

calore dilata anche i corpi, cioè li fa crescere in volume. Se si empia di liquido un vaso sormontato da un tubo lungo e sottile, si vede il liquido tanto più innalzarsi quanto più viene scaldato. Questa proprietà del calorico è molto importante, perchè ci offre un mezzo di misurarlo ne' suoi effetti, il che non fanno le sensazioni, le quali oltrechè non si possono mai esprimere con esattezza numerica, sono oltremodo varie nei diversi individui ed anche nello stesso individuo nelle diverse circostanze. Gli strumenti destinati a misurare il calorico si chiamano termometri. Il termometro più in uso è formato di un tubetto di vetro ben calibrato che va a terminare in una bolla o bulbo parimenti di vetro. Il bulbo e porzione del tubo sono pieni di mercurio o di alcool colorato, e una scala graduata annessa al tubo fa conoscere le dilatazioni prodotte dal calorico nel mercurio medesimo. Affine poi che i diversi termometri nelle medesime circostanze diano tutti le stesse indicazioni, lo zero della scala si colloca nel punto in cui si arresta il livello del mercurio allorchè il termometro è immerso nel ghiaccio che si fonde, e si nota 100 dove arriva il livello del mercurio quando il termometro pesca nell'acqua

bollente sotto la pressione ordinaria dell'atmosfera. L'intervallo della scala compreso fra questi due punti fissi si divide in cento parti o gradi eguali e

si continua la divisione a piacimento tutto sotto lo zero che sopra il 100. Il termometro così graduato si appella termiometro centigrado; ma nella graduazione de' termometri sono anche usate altre due scale; cioè l'ottuagesimale o di Rèaumur, che non differisce dalla centigrada se non perchè segna 80° il punto dell'ebollizione dell'acqua; e quella detta di Fahrenhait in cui il punto della fusione del ghiaccio è segnato 32, e 212 quello dell'ebollizione dell'acqua. Per indicare queste diverse specie di termometri si adoperano le iniziali C, R, F; così p. e. 50° F vuol dire 50 gradi della scala o del termometro di Fahrenhait. Quando alle indicazioni del termometro non si aggiunge alcuna delle iniziali C, R, F fra noi s'intende sempre di parlare del termometro centigrado. E' poi manifesto che la scala termometrica cioè l'intervallo fra la fusione del ghiaccio e l'ebollizione dell'acqua, essendo divisa in 80 parti nel termometro di Reaumur ed in 180 in quello di Fahrenhait, un grado del termometro centigrado equivale a $\frac{4}{5}$ di grado del termometro di Réaumur ed a $\frac{9}{5}$ del termometro di Fahrenhait.

169. La quantità di calorico che un corpo ci manifesta mediante il termometro dicesi la sua temperatura; così diciamo che un corpo ha la temperatura di 30 gradi quando essendo tenuto per qual-

che tempo a contatto di un termometro questo segna 30°. I corpi che hanno più elevata temperatura cedono anche a distanza del calorico a quelli che l'hanno più bassa, onde si dice che i corpi tendono continuamente ad equilibrio di temperatura, sebbene per le tante cagioni atte ad alterarlo questo equilibrio difficilmente si ottiene, ed ottenuto è molto instabile.

Nel trattare del calorico terremo l'ordine seguente. Cominceremo dal parlare della diversa attitudine che hanno i corpi a contenere e propagare il calorico; quindi verremo agli effetti che esso produce nei corpi medesimi; finalmente parleremo delle cause per le quali i corpi si riscaldano, o, come suol dirsi, delle sorgenti di calorico.

Capo I.

Della diversa attitudine che hanno i corpi a contenere il calorico

170. *Se due corpi di diversa natura, ma di uguali masse e temperature, si vogliono recare ad un'altra temperatura più elevata ed uguale per ambedue, si trova che occorrono a ciò delle quantità di calorico assai diverse. Un kilogrammo d'acqua p.e. onde riscaldarsi da 0° ad 1° ha bisogno di più calorico che un kilogrammo di ferro; questo più che un kilogrammo di mercurio &c. Questa diversa attitudine dei corpi ad esigere per uguali masse più o meno calorico onde scaldarsi ugualmente chiamasi capacità per il calorico, o la stessa quantità di calorico che essi richiedono l'uno in paragone dell'altro si chiama il loro calorico specifico. Così diciamo che l'acqua ha maggiore capacità per il calorico ovvero maggiore calorico specifico del ferro e che questo ne ha più del mercurio. Il calorico specifico dell'acqua si prende per unità di misura de' calorici specifici degli altri corpi ed alla quantità di calorico che fa d'uopo per scaldare di un grado un kilogrammo di acqua si è dato il nome di caloria.*

Articolo 1.°

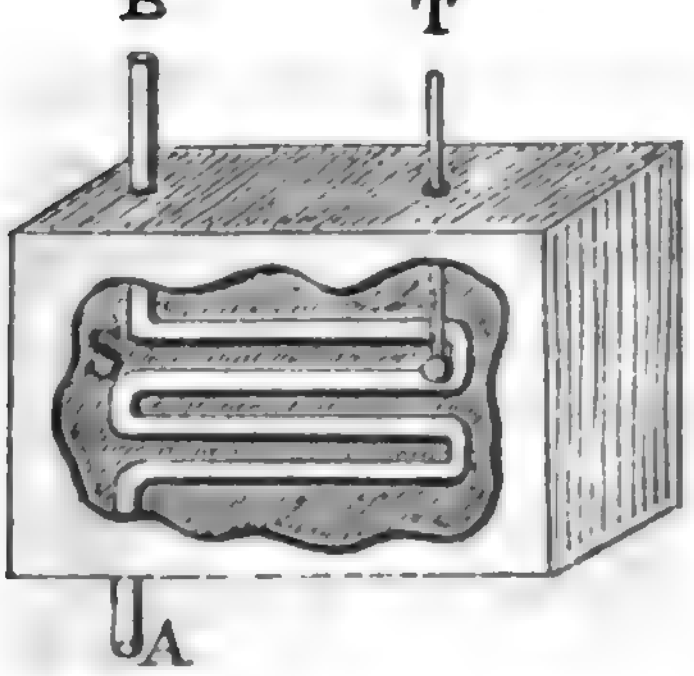
Del calorico specifico.

Tre sono i metodi communemente seguiti per determinare il calorico specifico; cioè il metodo delle mescolanze, il metodo della fusione del ghiaccio, e quello del raffreddamento.

Il metodo delle mescolanze consiste nel porre assieme due corpi che hanno diversa temperatura di maniera che uno si raffreddi e col calorico da esso abbandonato l'altro si riscaldi finchè arrivino ad equilibrio di temperatura. Ottenuto questo equilibrio, è molto facile dai gradi di raffreddamento dell'uno e di riscaldamento dell'altro dedurre il rapporto dei loro calorici specifici. Per mostrare come si debba procedere in questa deduzione ecco un esempio. Si voglia determinare il calorico specifico del mercurio relativamente a quello dell'acqua. Presa una massa qualunque di acqua p. e. un kilogramma, se ne esplorerà diligentemente la temperatura; sia questa di 0°. Presa parimenti una massa qualunque di mercurio p. e. due kil. si scalderà fino ad una temperatura determinata diversa da quella dell'acqua p. e. di 100°; quindi si verserà prontamente il mercurio nel recipiente dell'acqua, e vi si agiterà con prestezza fino a che le due masse abbiano acquistata una temperatura comune,

la quale sarà di 6° circa. Ciò fatto si rifletterà che se anche la massa del mercurio fosse stata un kil. cioè uguale a quella dell'acqua, questa si sarebbe scaldata solamente di 3°, e per conseguenza il kil. di mercurio avrebbe perduto 97°. La quantità di calorico che scalda il mercurio di 97° a parità di massa non scalda dunque l'acqua che di 3°, e però il calorico specifico del mercurio è $\frac{3}{97}$ di quello dell'acqua ossia 0,03 prossimamente. Si vede da questo esempio che, se le masse di due corpi sieno uguali, il calorico specifico di uno di essi sarà tante volte minore di quello dell'altro quante volte è maggiore il numero de' gradi di cui ha cangiato di temperatura il primo in paragone del secondo, o in altri termini che „i calorici specifici sono in ragione inversa delle variazioni di temperatura„. Questa conclusione però non è esatta se non quando il vaso in cui si fa la mescolanza non partecipa alle variazioni di temperatura né v'è dispendimento di calorico durante l'esperienza; in caso diverso converrà fare le opportune correzioni.

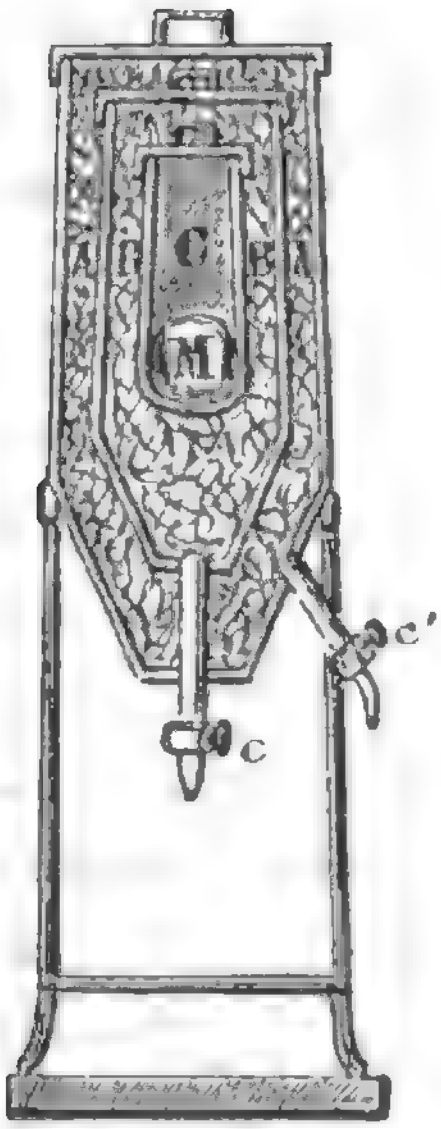
Per i fluidi aerei si fa uso di un apparato particolare appellato calorimetro di Rumford. Consiste questo in una cassetta di metallo nel cui interno si aggira un serpentino S pure di metallo aperto da ambedue le estremità. I fluidi aeriformi



mi scaldati fino ad una determinata temperatura entrano per l'apertura inferibre A, passano pel serpentino e prima di uscire per l'apertura superiore B si mettono ad equilibrio di temperatura coll'acqua. Basterà dunque nel termometro T osservare di quanti gradi sia cresciuta la temperatura dell'acqua, per conoscere il calorico specifico del fluido che l'ha riscaldata. Così p. e. supponendo che un decagrammo d'ossigene perdendo 60° di calorico innalzi di 14.2 la temperatura di un decagrammo di acqua, il suo calorico specifico sarà $\frac{14.2}{60} = 0,236$. Per altri gas sotto la pressione ordinaria dell'atmosfera si sono avuti i risultati seguenti.

Aria atmosferica	0, 2669
Idrogene	3, 2936
Nitrogene	0, 2734
Acido carbonico	0, 2210
Vapor d'acqua	0, 8470.

Il metodo della fusione del ghiaccio è fondato sul principio che „ quando il ghiaccio è in procinto di „ fondersi la quantità che ne viene fusa è direttamente proporzionale al calorico comunicatogli. Per applicare questo principio alla determinazione del calorico specifico si prendono tre recipienti concentrici A, B, C: in quello di mezzo si colloca il corpo M, di cui si cerca il calorico specifico, ed i due intervalli A, B si empiono di ghiaccio pesto. Il ghiaccio del recipiente B è destinato ad essere fu-



so in parte dal corpo **M**, e quello dell' intervallo **A** ha per iscopo d'impedire al calorico esterno di agire sul ghiaccio dell'intervallo **B**. Due chiavette c, c' permettono di raccogliere separatamente l'acqua che scola dall'uno e dall'altro intervallo. Posto p. e. che un kil. di ferro a 100° messo nel recipiente **C** fonda $0^k,14$ di ghiaccio, e che un kil. di acqua parimenti scaldata a 100° ne fonda 1,3, il calorico specifico del ferro sarà $\frac{0,14}{1.3} = 0,11$. Nel fare queste esperienze conviene avvertire che la temperatura dell'aria ambiente non sia inferiore a zero, poichè una porzione del calorico abbandonato dal corpo **M** sarebbe allora impiegato a portare il ghiaccio allo zero senza fonderlo. Che se la temperatura dell'aria fosse molto superiore allo zero, una porzione del ghiaccio contenuto nell' intervallo **B** sarebbe fuso dal calorico dell'aria che vi entra per la chiavetta c'. Ma questa ultima causa d'errore compensa in parte un'altra causa d'errore che è l'azione capillare che esercita il ghiaccio sull'acqua per cui una porzione del ghiaccio fuso dal corpo **M** resta sempre aderente al ghiaccio che non ha ancora subita la fusione.

172. Il metodo del raffreddamento si fonda sul

principio che „ a parita' di masse i tempi impie-
„ gati dai corpi per raffreddarsi di uno stesso nu
„ mero di gradi sono proporzionali alle rispetti
„ ve capacita' per il calorico „. Questo principio a rigore vale solamente per quei corpi che avendo la stessa facolta' conduttrice (179) ed essendo simili in tutto, salvo che nella capacita' per il calorico, vengono lasciati raffreddare in circostanze atmosferiche affatto eguali. Quindi e' che per determinare il calorico specifico per mezzo del raffreddamento si prendono masse molto piccole, affinche' l'errore proveniente dalla diversa facolta' conduttrice sia meno sensibile, ed inoltre si collocano tutte a raffreddare in vasetti perfettamente identici, affinche' la superficie esteriore sia sempre della stessa natura, grandezza e pulimento. Ciononostante questo metodo e' piu' opportuno pei liquidi che per i solidi; in ogni caso conviene che questi sieno ridotti in polvere, e che il loro raffreddamento si renda lentissimo.

173. Il metodo del raffreddamento e' rimasto celebre, perche' di esso si valsero Dulong e Petit a stabilire la legge che „ nei corpi semplici i calorici
„ specifici sono in ragione inversa dei pesi atomici „. Infatti se moltiplichiamo il calorico specifico di ciascuna sostanza semplice per il suo peso atomico, otteniamo per lo piu' de' prodotti tanto poco diversi l'uno dall'altro che le differenze possono ripetersi dagli errori inevitabili in esperienze tanto delicate, quanto sono quelle che servono a

determinare i calorici specifici e i pesi atomici. La tavola seguente contiene nella prima colonna i calorici specifici di varie sostanze semplici, e nella seconda i prodotti dei calorici specifici per i pesi atomici corrispondenti (74).

	Cal. Spec.	Prodotti
	=	=
Solfo	0, 202	40, 4
Platino	0., 033	40, 6
Oro	0, 032	39, 2
Antimonio	0, 050	40, 3
Mercurio	0, 033	41, 1
Bismuto	0, 030	39, 9
Rame	0, 095	37, 6
Piombo	0, 031	40, 1
Stagno	0, 056	41, 1
Zinco	0, 095	38, 5
Ferro	0, 114	39, 9

Che se i calorici specifici delle sostanze semplici sono in ragione inversa dei loro pesi atomici, saran no anche in ragione diretta del numero degli atomi, poiché tanto minore è il numero degli atomi che si contengono in masse uguali quanto maggiore è il peso di ciascuno di essi. Posta dunque l'esattezza della legge di Dulong e Petit dal vedere che il rame p. e. ha calorico specifico triplo dell'oro se ne potrebbe inferire che a parità di massa il rame contiene un numero di atomi triplo dell'oro. Ma l'esat-

tezza di questa legge non è ancora dimostrata: così p. e. all'argento si assegna il calorico specifico 0,0557 ed il peso atomico 1348,01, che danno per prodotto 75,14 numero assai diverso da 40, che è il medio de' prodotti che si ottengono per la massima parte de' corpi semplici.

Il calorico specifico di un corpo non è costante a tutte le temperature, ma coll'alzarsi di questa va gradatamente crescendo, e l'aumento è diverso nei diversi corpi. Nel ferro p. e. fra 0° e 100° è 0,109; mentre fra 100° e 200° è 0,120: parimenti il calorico specifico del platino fra 0° e 100° è 0,033; laddove fra 100° e 200° è 0,035. Anche il diverso stato di aggregazione che possono avere le molecule di un corpo ne altera sensibilmente il calorico specifico. Così p. e. nel rame ricotto e malleabile il calorico specifico è 0,095, e nel rame battuto e inrudito è 0,093. Simili differenze si trovano anche in alcuni corpi secondo che sono o no cristallizzati. Si vede dunque che il calorico specifico ha relazione anche colle distanze e posizioni relative degli atomi.

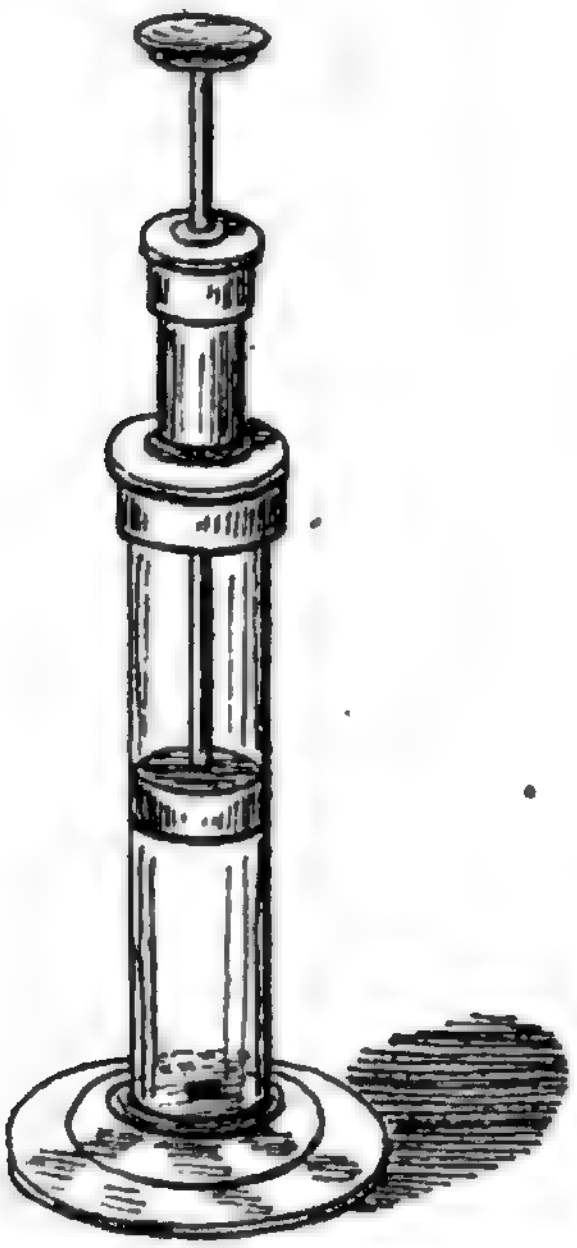
Articolo 2.°

Delle alterazioni di temperatura nel rarefarsi e condensarsi de' corpi

174. *Tutti i corpi quando si rarefanno, senza*

che sia loro comunicato ne' altrimenti si eciti in essi nuovo calorico, si raffreddano e per la tendenza che hanno all'equilibrio di temperatura sottraggono del calorico dai corpi circostanti e si abbassa anche la temperatura di questi. Al contrario quando un corpo qualunque si condensa, vi e' sviluppo di calorico, ne' torna il corpo alla temperatura primitiva se non dopo di aver comunicato ai corpi circostanti una parte del calorico che aveva prima d'essere compresso. Se dunque la rarefazione si produca dal calorico medesimo e la condensazione si operi dall'attrazione molecolare ad occasione del diminuire di esso calorico, dovra' il corpo meno riscaldarsi nel primo caso e meno raffreddarsi nel secondo di quello che sarebbe avvenuto se l'accrescimento o la diminuzione del calorico non fossero stati accompagnati dal rarefarsi o dal condensarsi del corpo; quindi si vede che la capacita' per il calorico ed il calorico specifico debbono crescere crescendo la temperatura cui si vogliono recare i corpi, specialmente se questi notabilmente si dilatano per il calorico.

L'assorbimento e l'emissione di calorico che accompagnano la rarefazione e condensazione de' corpi non sono molto sensibili nei solidi e nei liquidi, poiche' piccole sogliono essere in tali corpi le variazioni di volume; ma non e' cosi' nei fluidi aerei. L'aria condensandosi si riscalda fino a determinare la combustione di alcuni corpi. Ne abbiamo una prova nell' acciarrino pneumatico. Questo apparato consiste in un tubo di cristallo



mumito di uno stantuffo a te_
nuta di aria. Allorche' si abba_
ga rapidamente lo stantuffo l'a_
ria chiusa nel tubo si condensa ed emette calorico sufficien_
te ad accendere un pezzetto di esca che si collochi nel tubo me_
desimo, eppero' di circa 300.° Un
simile riscaldamento avviene anche cogli altri gas tanto sem_
plici quanto composti, ed il ca_
lorico che si sviluppa per la com_
pressione e' accompagnato da luce eziandio quando all'aria atmosferica si sostituisce il clo_
ro o meglio l'ossigene. Due vo_
lumi d'idrogene ed uno d'ossi_
gene compressi producono una luce vivissima e si forma l'acqua con forte scoppio. Ma la luce manca del tutto quando nell'acciarrino pneumatico s'introduce l'idrogene o il nitrogene o l'acido carbonico. Cio' mostra che in queste sperienze la luce e' dovuta a qualche azione chimica, determi_
nata per altro dal calorico che eccita la contrazione, poiche' anche l'idrogene, il nitrogene e l'acido car_
bonico compressi emettono tanto calorico che basta ad accendere alcune polveri, le quali per bruciare non hanno bisogno di combinarsi coll'ossigene o al cloro. Alla condensazione pare che si debba attri_
buire almeno in parte, il calorico che si svolge al_

lorquando i gas vengono assorbiti dal carbone, dal platino spugnoso e da altri corpi molto porosi.

Ne' minore e' il raffreddamento che soffrono i flui di aerei nel rarefarsi. Allorche' si estrae rapidamente l'aria dalla campana della macchina pneumatica si osserva un abbassamento di oltre a 20° di temperatura. E' se l'aria fortemente condensata nella macchina di compressione si lasci sfuggire per un tubo capillare, spesso si ottengono dei cristallini di ghiaccio sui corpi che si presentano al getto aereo. Tutti questi fenomeni si possono spiegare ammettendo che due masse uguali l'una d'aria densa, e l'altra di aria rarefatta per potersi trovare ad una medesima temperatura abbiano bisogno di quantita' totali di calorico diverse non altrimenti che se fossero due corpi di natura o stato differente. Al calorico assorbito od emesso nella rarefazione o condensazione dei corpi si da' il nome di calorico di stato e anche di calorico latente.

Articolo 3.

Delle alterazioni di temperatura nelle mutazioni di stato.

175. Le mutazioni di stato, vale a dire la solidificazione, liquefazione e vaporizzazione sono sempre accompagnate da alterazioni di temperatura, e ciò

frono quattro fenomeni distinti ; cioè 1° un abbassamento di temperatura nella liquefazione dei solidi ; 2° un innalzamento di essa nel consolidarsi dei liquidi , 3° un abbassamento della medesima nel passare de' liquidi e de' solidi allo stato aereo , 4° un innalzamento di temperatura nel passare de' fluidi aerei allo stato liquido.

Quando un corpo passa dallo stato solido al liquido assorbe per questo solo passaggio una quantità notabile di calorico , senza che questo contribuisca punto ad innalzare la sua temperatura ; o in altri termini „ la temperatura si abbassa nel passaggio de' so„ lidi allo stato liquido „ . Mescolando un kil. di ghiaccio a 0° con un kil. di acqua a 79°, si ottengono due kil. di acqua non già a 39°.5 , ma a 0°, talchè una libbra di ghiaccio a 0° assorbe nel solo fondersi tanto calorico , quanto è necessario ad un kil. di acqua per passare da 0° a 79°. Da questa grande quantità di calorico che assorbe il ghiaccio nel fondersi, rilevia-mo la ragione perchè le masse anche piccole di ghiaccio impiegano un tempo assai lungo a fondersi completamente , sebbene siano circondate da un atmosfera la temperatura della quale sia ben maggiore di zero.

Anche i solidi diversi dal ghiaccio offrono lo stesso fenomeno , ma la quantità di calorico che assorbono nel passare allo stato liquido è diversa nelle diverse sostanze. La tavola che viene appresso contiene la quantità di calorico che assorbe nel fondersi un kil. di ciascuna delle seguenti sostanze.

Solfo	80°
Piombo	90°
Cera	97°
Zinco	98°
Stagno	278°
Bismuto	306°

Questi numeri però non sono che semplici approssimazioni, non essendosi fin qui per determinati fatte esperienze che assolutamente affatto ogni causa d'errore.

L'assorbimento di calorico che ha luogo nella liquefazione de' solidi è un mezzo da cui si trae partito per ottenere artificialmente de' raffreddamenti più o meno intensi. Infatti mescolando assieme due solidi o un liquido ed un solido dotati di mutua affinità, se il calorico destato dall'azione che li congiunge sia insensibile o almeno molto inferiore a quello che è assorbito nella liquefazione, si otterrà un abbassamento di temperatura che potrà essere assai grande. Ciò si vede quando mescoliamo la neve o il ghiaccio trito al sale comune, ottenendosene un freddo che arriva fino a − 18°. Col cloruro di calcio cristallizzato e neve si può ottenere un freddo anche di −50° e far gelare il mercurio nel termometro immersovi. Avviene lo stesso mescolando in debite dosi la neve con degli acidi o con degli alcali: anzi si può ottenere freddo collo sciogliere semplicemente nell'acqua o negli acidi alcuni sali. Si è detto in debite dosi dacchè non si

deve perdere di vista che in simili operazioni inter-
vengono due cause, la liquefazione cioè che produce
raffreddamento e l'affinità che spesso sviluppa calo-
rico; e di queste due cause può prevalere piuttosto
l'una che l'altra, secondo le diverse dosi relative del-
le sostanze che si mischiano assieme. Così p. e.
mescolando acido solforico con molta neve si ha
freddo, con poca invece si ha caldo; perchè quan-
do la neve è molta prevale il raffreddamento pro-
dotto dalla liquefazione, e quando è poca prevale l'a
zione del calorico destato dall'azione chimica. Una
somigliante contrarietà di effetti può nascere an-
che da altre circostanze, e in generale da tutto ciò
che modifica l'affinità. Versando p. e. dell'acqua
sul solfato di soda cristallizzato si ottiene freddo,
e versandola sul solfato di soda anidro si ha cal-
do, sebbene le quantità di acqua e di solfato sieno
le stesse nell'uno e nell'altro caso; ma l'affinità
che il solfato di soda anidro ha per l'acqua con
cui forma un vero composto è ben più energica
di quella che vi spiega la stessa sostanza cristal
lizzata che non produce coll'acqua che una sem
plice mescolanza chimica non accompagnata da
sviluppo sensibile di calorico. Nelle opere di chi-
mica si trovano delle tavole copiose de' miscu-
gli che diconsi frigorifici; noi ne daremo qui
un saggio.

Cloroidrato d'ammoniaca	5	da 10° a − 12°.
Nitrato di potassa	5	
Acqua	16	

Nitrato d'ammoniaca	1	} da 10° a – 30°.
Cloroidrato d'ammoniaca	1	
Acqua	6	
Solfato di soda	5	} da 10° a – 16°.
Acido solforico dilnito	4	
Solfato di soda	5	} da 10° a – 17°.
Acido cloroidrico	3	
Fosfato di soda	9	} da 10° a – 29°.
Acido nitrico dilnito	4	
Neve o ghiaccio	7	} da 0° a – 34°.
Acido nitrico dilnito	5	
Neve	3	} da 0° a – 46°.
Potassà	5	

Adottenere questi raffreddamenti fa d'uopo che i solidi sieno ben polverizzati ed i mescolamenti veloci. Se le due sostanze che si vogliono mescolare si facciano prima raffreddare in altro miscuglio frigorifico, il freddo che producono quando si uniscono assieme è molto più intenso.

176. „ *La temperatura s'innalza nel passare i liquidi allo stato solido* „. *Questa proposizione può dirsi una conseguenza della precedente, giacchè il calorico assorbito nella fusione è superfluo per il liquido che ritorna allo stato primitivo. Fra i di-*

versi modi di rendere sensibile questo sprigiona-
mento di calorico uno molto facile è il seguente.
Si empie un vaso con una soluzione di solfato di so-
da saturata a caldo e di maniera che l'aria ne re-
sti completamente esclusa, quindi si chiude il vaso
ermeticamente. In tali circostanze la soluzione di sol
fato di soda resta liquida, ancora dopo che si è raf-
freddata; ma appena che si apre il vaso quasi tutta
la soluzione rapidamente si converte in una massa
solida, ed il calorico che se ne sprigiona è tale che
si rende sensibile anche al tatto. Un somigliante spri
gionamento di calorico ha luogo in qualsivoglia
altro liquido che passa allo stato solido, ed è que-
sta la causa per cui la solidificazione non si fa per
lo più che lentamente; così p. e. una massa di ac-
qua un poco grande non finisce di gelare se non
dopo essere stata esposta molto tempo ad un freddo
molto intenso. Dalla stessa ragione si deve talora
ripetere il mitigarsi della rigidezza del freddo al so
pravvenire della neve.

177. „ La temperatura si abbassa passando i li-
„ quidi allo stato aereo „. Tuffato nell'acqua il
bulbo di un termometro, dopo averlo estratto, men-
tre passa a stato aereo il velo acquoche lo bagna,
si vede il termometro di cinque o sei gradi ed an-
che più se l'aria è secca. L'alcool come più volati
le produce maggiore raffreddamento dell'acqua,
e dall'etere solforico si ha un freddo ancora maggio
re come si può provare versandone alcune gocce
sul rovescio della mano. Se il bulbo di un termo-

metro si riveste di un pannolino inzuppato nel sol furo di carbonio o nell'acido solforoso liquido, che so no estremamente volatili; l'assorbimento del calori- co prodotto dal loro passaggio allo stato aereo puo' far gelare il mercurio nel termometro.

Ma il raffreddamento prodotto dal passaggio al lo stato aereo e' sopratutto considerevole nel vuoto, purche' si abbia cura di togliere il vapore gia' for- mato che sarebbe di ostacolo alla formazione di al tro vapore. Posto sotto la campana della macchina pneumatica un vasello pieno d'acqua ed insieme un altro vaso maggiore con dell'acido solforico concentrato, che del vapore d'acqua e' avidissimo, quanto piu' l'aria si va rarefacendo sotto la cam- pana tanto piu' cresce la quantita' di vapore che si forma, di maniera che il raffreddamento giun ge a tale da far gelare l'acqua residua. Sostituen do all'acqua un miscuglio di etere solforico ed a cido carbonico solido, la temperatura de' corpi cir costanti si abbassa fino anche a $-110°$; ed e' que sto il freddo piu' intenso che finora si e' potuto otte- nere. Dopo questi fatti riesce facilissimo il dare ragione di molti fenomeni assai ovvi, come p. e. della sensazione di freddo che proviamo a con- tatto de' corpi bagnati, e dell'acqua stessa che seb bene sia stata lungo tempo in un ambiente, pure per il continuo passaggio di una sua parte allo stato aereo, mantiene sempre una temperatura alquanto inferiore a quella dell'aria circostan- te.

178. „ *La temperatura si alza nel liquefar-*
„ *si de' fluidi aerei* „ , *ossia il calorico che hanno assorbito i liquidi nel prendere lo stato aereo lo emettono poi quando tornano di nuovo allo stato liquido. Cio' si dimostra facendo bollire dell'acqua e guidando il vapore che ne nasce entro un vaso di acqua fredda; si trova che questa viene a riscaldarsi 5,4 volte piu' che se vi entrasse altrettanta acqua alla stessa temperatura del vapore. Ora questo di piu' non puo' essere altro che il calorico abbandonato dal vapore di acqua nel riprendere lo stato liquido; dunque un kilogrammo, per esempio, di vapore acqueo tornando allo stato liquido emette tanto calorico quanto e' necessario a riscaldare di un grado 540 kilogrammi di acqua. Di questa grande quantita' di calorico che viene abbandonato dal vapore di acqua nel liquefarsi si e' fatta l'importante applicazione del riscaldamento a vapore. Si fa percio' bollire dell'acqua in una caldaia, ed il vapore si guida per mezzo di tubi sino ai luoghi ove si vuole che produca il riscaldamento.*

Riguardo al calorico che emettono nel liquefarsi i vapori delle sostanze diverse dall'acqua, si sono fra gli altri ottenuti i seguenti risultati

Essenza di trementina	75
Solfuro di carbonio	80
Etere solforico . .	90,2

Alcool 207,7

Questi numeri denotano i kilogrammi di acqua che sarebbero riscaldati di un grado da un kilogrammo di vapore delle nominate sostanze.

Capo III.

Della propagazione del calorico.

La propagazione del calorico si fa in tre modi diversi: 1°. per comunicazione fra le molecule che sono a sensibile contatto, come accade quando il calorico si trasmette dall'una all'altra parte di un medesimo corpo, e quando passa da un corpo ad un altro che gli si trova a contatto propagandosi per le molecule che sono continue: 2°. per moto idrostatico, come avviene nelle masse liquide e nelle aeriformi, in cui le parti diversamente riscaldate avendo fra loro diversa densità si muovono in forza della gravità, e mescolandosi assieme diffondono il calorico per tutta la massa fluida; 3° per raggiamento, come succede fra i corpi posti a distanza gli uni dagli altri che si comunicano mutuamente il calorico attraverso lo spazio anche vuoto d'ogni materia ponderabile.

Articolo 1.

Della conducibilità per il calorico

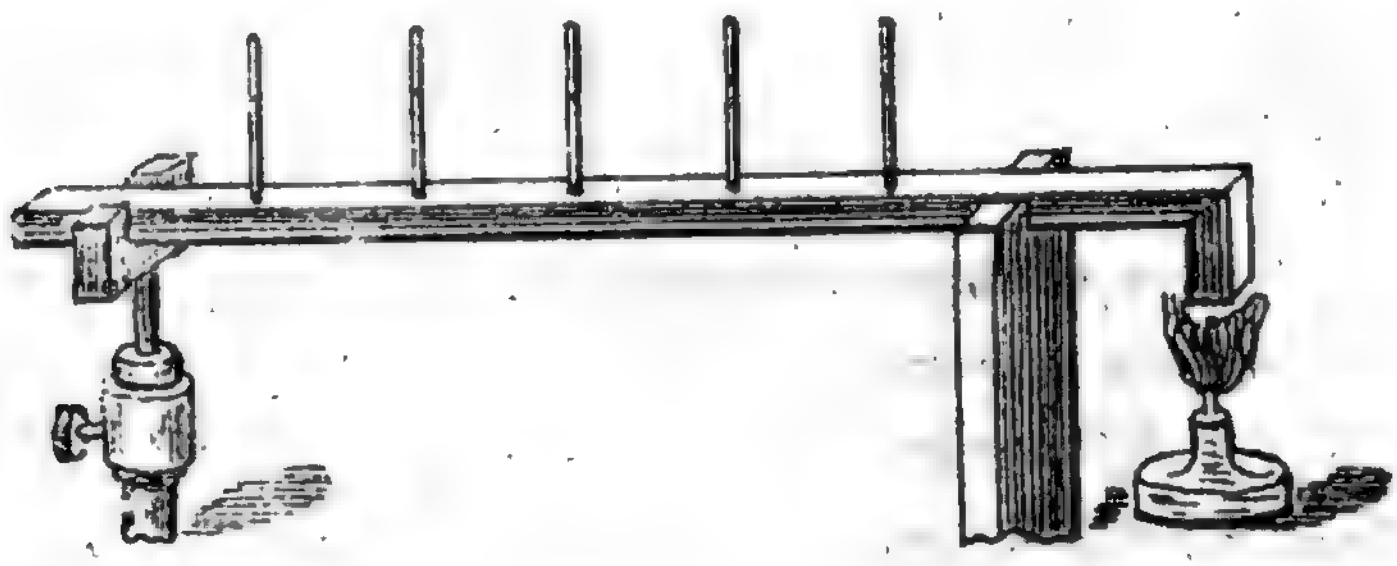
179. *La facoltà che hanno i corpi di trasmette-*

re il calorico per comunicazione fra le molecule che sono a sensibile contatto dicesi conducibilità per il calorico, e buoni, cattivi o imperfetti conduttori si dicono i corpi secondochè cigevolmente o con più o meno difficoltà trasmettono in questo modo il calorico o dagli altri lo ricevono. Buoni conduttori del calorico sono i metalli, benchè nol sieno tutti in grado eguale. Assai imperfetti sono le diverse pietre, le porcellane, le terre cotte, ed i legni specialmente se umidi; la paglia, il cotone, la lana, la seta, le piume sono cattivi conduttori, come in generale lo sono tutte le sostanze vegetali ed animali molto porose o finamente divise. Queste differenze di conducibilità ci vengono manifestate da un gran numero di fatti notissimi.

Scotta un ferro tenuto con una estremità nel fuoco; laddove un bastoncello di legno o un tubettino di vetro si tiene impunemente in mano da una estremità, mentre dall'altra estremità brucia o si fonde. Ponendo su di una massa metallica una sottile stoffa e su di essa un carbone acceso non può questo abbruciarla neppure attivando la combustione col soffio; ed un cilindretto di piombo rivestito di carta ed esposto alla fiamma di una lucerna, si fonde prima che la carta si abbruci. I corpi avvolti nella paglia, nella lana, nella cenere mantengono per lungo tempo la loro temperatura, e le parti interne degli animali vestiti di piume o di pelo conservano il loro proprio calorico anche nella più fredda stagione. La medesima differenza

di conducibilità ci viene anche manifestata dalla diversa sensazione di caldo o di freddo che spesso proviamo toccando corpi che sono stati lungamente in un medesimo ambiente ed hanno la stessa temperatura ; imperocchè essendo uguali le altre circostanze, quei corpi che ci fanno sentire una più forte sensazione di caldo o di freddo devono più abbondantemente comunicarci o toglierci il calorico, e perciò avere maggiore facoltà conduttrice.

Per determinare i diversi gradi di conducibilità de' corpi solidi si sono adoperati varî metodi. Uno di questi consiste nel formare colle diverse



sostanze altrettante verghe prismatiche uguali, e, coperte di una stessa vernice, esporle per una estremità ad una sorgente costante di calorico. Il grado della conducibilità si deduce dall'aumento di temperatura che si osserva in varî termometri posti in fori pieni di mercurio scavati nelle verghe medesime a diverse sostanze. Chiamando 1 la conducibilità dell'oro, si sono con questo metodo ot-

tenuti i seguenti risultati:

Oro	1,000
Platino	0,981
Argento	0,973
Rame	0,898
Ferro	0,374
Zinco	0,363
Stagno	0,304
Piombo	0,179
Marmo	0,024
Terra da mattoni	0,011.

Usando di questo metodo si è pure trovato che i legni sono più restii a condurre il calorico nella direzione trasversale che nella longitudinale o delle fibre, sebbene anche in questa direzione lo conducano incomparabilmente meno bene de' metalli.

La grande facoltà conduttrice de' metalli ha avuto un' importante applicazione nella lanterna di sicurezza di Davy. La parte essenziale di questa lanterna è una rete metallica, la quale cinge tutto all'intorno la fiamma; e l'effetto utile che produce si è d'impedire l'esplosione dei gas combustibili che possono essere nell'ambiente ove si entra colla lanterna accesa. Un tale effetto nasce da ciò che l'involucro di rete metallica prontamente assorbe e disperde il calorico della fiamma che si genera entro di essa, per modo che i gas usciti dalle rete non hanno temperatura sufficiente a determi-

nare la combustione dei gas esplosivi che sono al di fuori.

In quanto alle sostanze che non si possono ridurre a verghe si è cercato determinare la conducibilità relativa osservando il tempo che impiega a raffreddarsi di un certo numero di gradi un termometro circondato da ciascuna di esse, quando si va successivamente variando la spessezza dell'involucro. Per tale maniera si è trovato che la seta conduce meno della lana, questa meno del cotone ed il cotone meno della tela.

I liquidi sono per lo più cattivi conduttori del calorico. Se si fermi un pezzo di ghiaccio in fondo ad un cannello di vetro pieno di acqua e girindi s'inclini la parte superiore del cannello sulla fiamma di una lucerna a spirito, si vedrà l'acqua bollire ed il ghiaccio rimanere per qualche tempo solido sebbene posto pochi soli centimetri al disotto dell'acqua bollente. Parimenti se si accenda uno strato di alcool galleggiante sopra una massa di acqua nel cui mezzo sta immerso un termometro, si osserverà che questo si scalda lentissimamente.

I fluidi aerei conducono il calorico anche peggio de' liquidi. Vediamo infatti che i solidi assai lentamente si raffreddano nell'aria chiusa, e che i corpi quanto più sono intermisti di aria, come quando sono molto porosi, o polverizzati, o sottilmente divisi tanto peggio conducono il calorico. Perciò a difendere un corpo dal caldo o dal freddo

ottimo mezzo è una doppia copertura e fra l'una e l'altra uno strato di aria ermeticamente chiusa ed impedita nei suoi movimenti da qualche sostanza filamentosa o poco conduttrice.

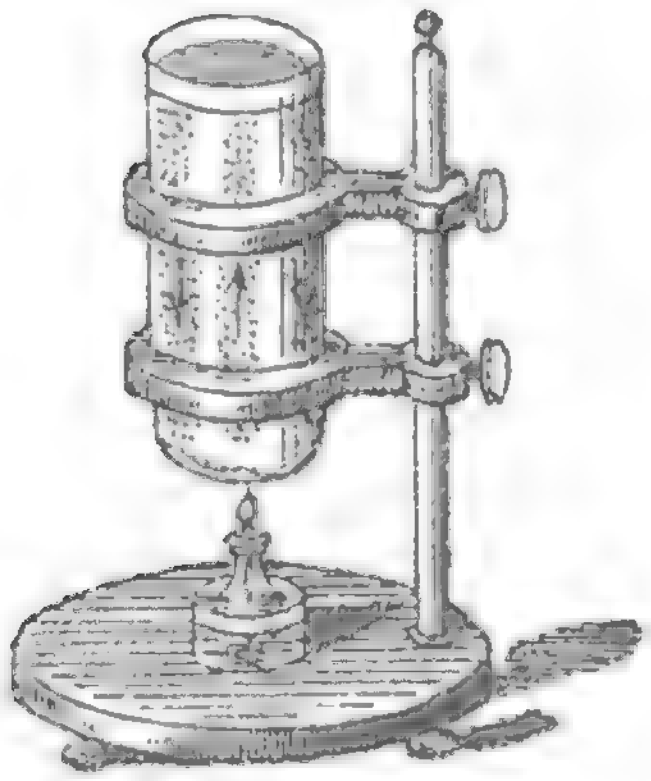
Articolo 2.

Del moto idrostatico

180. La grande mobilità delle molecule fluide compensa copiosamente la loro debole facoltà conduttrice. Se accostiamo una sorgente calorifica al fondo di un vaso pieno di un liquido qualunque, lo strato liquido che è a contatto della parte riscaldata si dilaterà, ed acquistando un peso specifico minore sarà portato in alto cedendo il luogo ad altro strato più freddo che riscaldandosi esso pure rinnoverà il medesimo movimento, e così di seguito faranno gli altri strati, di maniera che il calorico comunicato al solo fondo del vaso si diffonderà pressochè uniformemente per tutta la massa liquida ancorchè questa fosse affatto priva di conducibilità. Questo movimento che la gravità desta nei liquidi ad occasione delle variazioni di temperatura chiamasi moto idrostatico.

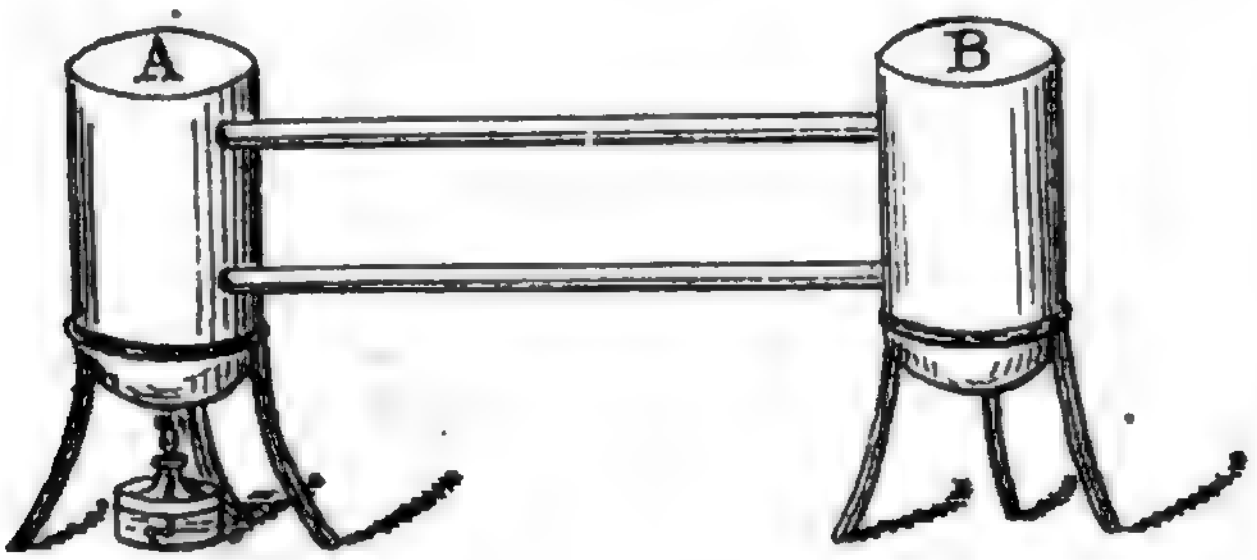
Il movimento idrostatico non solo favorisce il ri-

scaldamento ma anche il raffreddamento de' liquidi. Difatto se poniamo un pezzo di ghiaccio a galleggiare sopra una massa di acqua calda succede in questa una circolazione analoga alla precedente, ma in direzione contraria; imperocchè gli strati di acqua raffreddati e condensati pel contatto del ghiaccio scendono verso il fondo spingendo su gli altri che arrivati verso la superficie si raffreddano anch'essi e mantengono la circolazione. Tali movimenti si rendono visibili col gettare nell'acqua della segatura di legno, o qualunque altra sostanza polverosa che non differisca gran fatto dall'acqua nel peso specifico. Se l'esperienza si faccia in un vaso bastantemente largo, ecl il riscaldamento o il raffreddamento avvenga verso la parte centrale della massa liquida si osserva che nel primo caso l'innalzamento del liquido avviene nel mezzo e la discesa lungo le pareti laterali; nel secondo al contrario l'innalzamento succede lungo le pareti laterali, e la discesa nel mezzo.



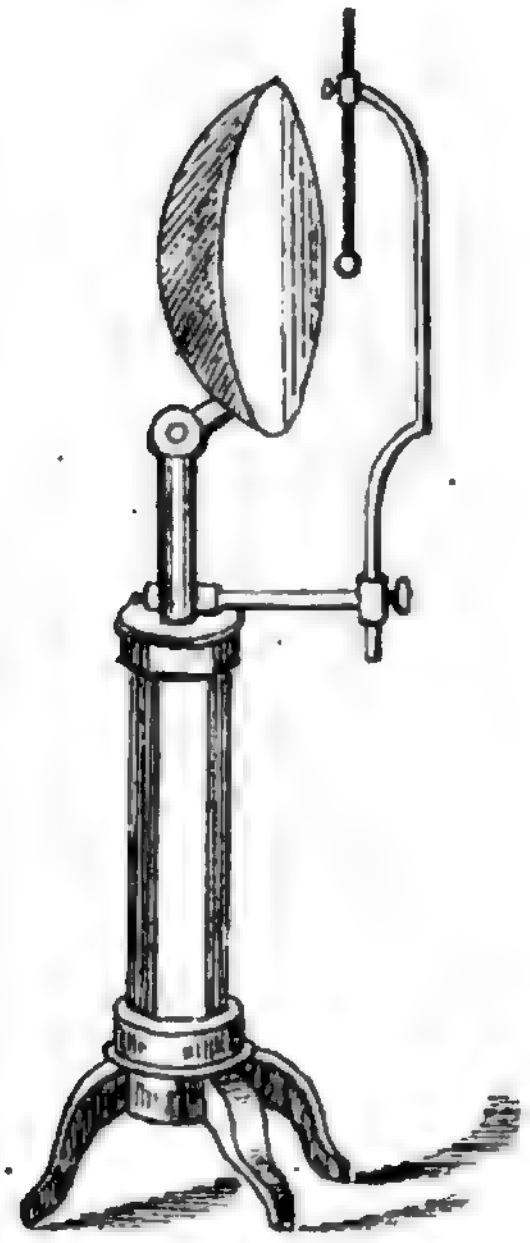
Il moto idrostatico de' liquidi si può rendere sensibile anche in altro modo. Si prendano due recipienti A e B comunicanti fra loro per mezzo di due tubi, uno de' quali si unisca per le parti superiori, e l'altro per le inferiori: si empiano di acqua e si

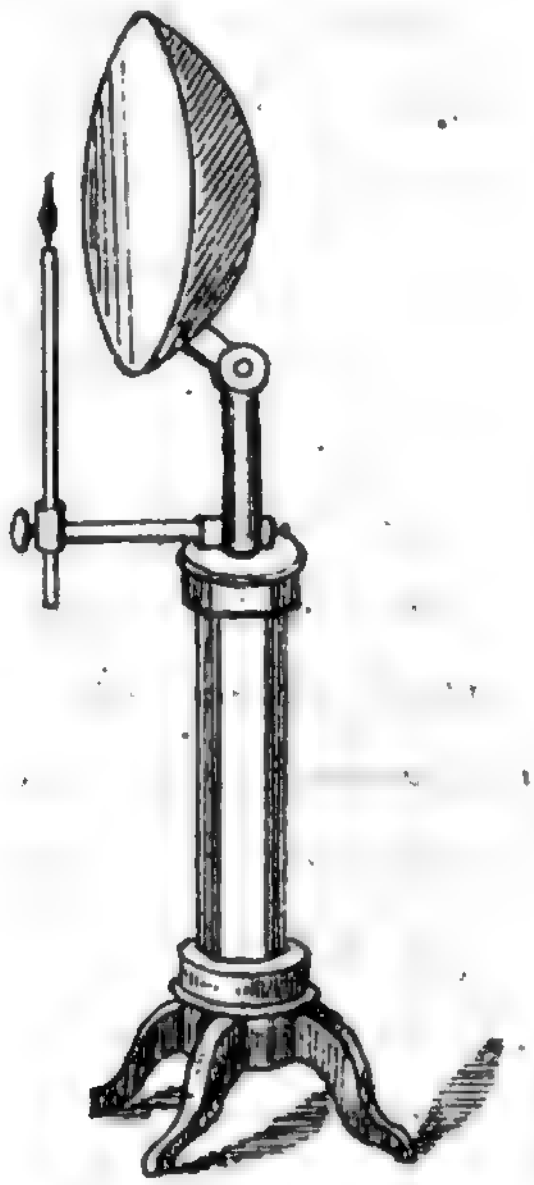
applichi una sorgente calorifica al disotto del recipiente A. Dopo qualche tempo si troverà riscaldata anche l'acqua del recipiente B. Accade il contrario se al recipiente A si soprappone un miscuglio frigorifico, cioè l'acqua del recipiente B si raffredda anch'essa, ed il raffreddamento dimostra la circolazione del liquido. Una simile disposizione di recipienti si è fatta servire al riscaldamento delle camere e ad altri usi.



Questo movimento idrostatico si effettua anche nei fluidi aeriformi, ed è appunto esso che porta su pei camini il fumo e gli altri prodotti della combustione, sebbene abbiano per lo più peso specifico maggiore dell'aria. Anche l'aria delle camere fortemente riscaldate o raffreddate ce ne offre prove sensibili. Quando si apre la porta di una camera in cui l'aria è molto più calda dell'aria esterna, si generano due correnti una d'aria fredda che entra per disotto, l'altra d'aria calda che este per di sopra. Queste due correnti contrarie si osservano bene per mezzo della fiamma d'u-

tura, p. e. la fiamma di una candela ed un termo_
metro, e si osserva che il termometro viene riscalda_
to per l'irradiazione della fiamma. Con questa espe_





rienza direttamente si prova solo che i corpi raggiano
calorico allorche' sono circondati da corpi di piú
bassa temperatura, ma siccome per quanto bassa_
sia la temperatura di un corpo se ne puo' sempre tro_
vare un altro di temperatura anche piu' bassa, per_
cio' indirettamente si viene pure a provare che tutti
i corpi raggiano calorico. Dal vedere dunque che la
temperatura di un corpo non si abbassa finche' quel
la de' corpi circostanti è superiore o uguale alla sua,

in cambio di dedurre che la facoltà di raggiare calorico dipende dalla temperatura de' corpi circostanti, dobbiamo invece inferire che la radiazione calorifica è in ragione della temperatura del corpo radiante, di maniera che i corpi più caldi dànno per radiamento ai meno caldi più di quello che da essi ricevano, e viceversa i meno caldi più ricevono di quello che dànno. Con questi principii è assai facile il dar ragione dell'abbassamento di temperatura che si osserva nel termometro collocato nel foco di uno degli specchi suddetti, allorchè nel foco dell'altro si pone della neve o un miscuglio frigorifico. Senza gli specchi il termometro raggerebbe pure calorico in ogni verso, ma ne riceverebbe quasi altrettanto da' corpi circostanti, epperò la sua temperatura non si abbasserebbe, non ostante la presenza della neve o del miscuglio. Fra sti gli specchi, il raggiamento del termometro non è più compensato come prima dai corpi circostanti, le radiazioni de' quali vengono in parte intercettate dagli specchi, che invece gl'inviano la debolissima della neve o del miscuglio. Se dunque il termometro si abbassa ciò non succede per il freddo emesso dalla neve, che una semplice privazione qual'è il freddo non può emettersi, ma perchè il termometro in questo caso raggia più calorico di quello che riceva.

„ Il calorico raggiante nel vuoto o in qualunque „ mezzo omogeneo si propaga in linea retta „ ; imperocchè interponendo un ostacolo fra un corpo caldo ed un termometro in guisa che vengano intercettate

tutte le rette che si possono condurre dall'uno all'altro, il secondo cessa dal sentire gli effetti calorifici del primo.

„ La velocità con che si diffonde il calorico raggian„ te è grandissima„ e tale, che la sua propagazione a distanze non grandissime si può considerare come istantanea. Ciò si deduce dal fatto che appena viene permessa ad un corpo la libera irradiazione del calorico verso un altro col togliere gli ostacoli che vi si oppongano immediatamente quest'ultimo dà segno di riscaldamento benchè sia collocato alla distanza di più metri. Adoperando come sorgente calorifica una enorme massa di vetro in fusione si è dimostrata l'instantaneità della propagazione del calorico a distanza di oltre cento metri (1). Il calorico raggiante si propaga dunque „ istantaneamente, in linea„ retta ed immediatamente: „ queste tre proprietà costituiscono il carattere della propagazione del calorico per raggiamento.

Per ciò che spetta l'intensità del calorico raggiante a diverse distanze dalla sorgente calorifica, si osserva che „ la forza riscaldante de' raggi dimi„ nisce nella ragione inversa de' quadrati delle„ distanze „ ; cioè collocando un termometro alle

---

(1). Per dimostrare questa e molte altre proprietà del calorico raggiante non bastano i termometri ordinarî, ma conviene far uso del termo-moltiplicatore, che sarà descritto a suo luogo (340).

distanze 1, 2, 3, 4, ... da un corpo caldo, la sua temperatura si eleva entro un dato tempo di quantità che sono come i numeri $1, \frac{1}{4}, \frac{1}{9}, \frac{1}{16}, \ldots\ldots$.

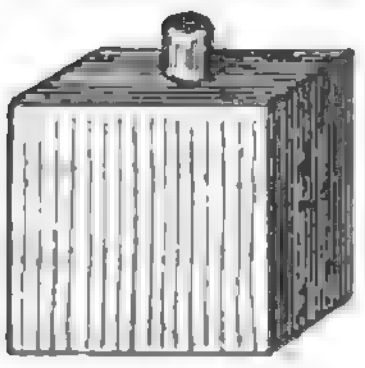
Questa legge si può anche dedurre dal teorema geometrico che le superficie sferiche crescono come i quadrati de' raggi. Infatti se immaginiamo un corpo caldo collocato nel centro di un recipiente sferico, e' chiaro che ciascuna unità superficiale della parte interna del recipiente riceverà una eguale quantità di calorico. Ma se il raggio del recipiente sferico diventa doppio, la superficie della sfera diverrà quadrupla; e poichè la quantità di calorico raggiato rimane la stessa, ne segue che ogni unità superficiale ne riceverà quattro volte di meno. Che se il raggio del recipiente diventa triplo, la superficie della sfera diventerà nove volte maggiore, ed ogni unità di superficie interna ne riceverà un nono: dunque l'intensità calorifica deve scemare in ragione che cresce il quadrato della distanza dalla sorgente di calorico.

Anche alla medesima distanza dalla sorgente di calorico varia l'intensità de' raggi calorifici secondo che hanno piuttosto l'una che l'altra direzione. La forza riscaldante è massima nei raggi che sono perpendicolari al piano dell'elemento raggiante e minima in quelli che le sono paralleli. A misura che cresce l'obliquità della superficie raggiante colla normale la forza calorifica diminuisce. Ciò si vede ne' raggi solari che hanno maggior forza calo-

rifica nell'estate quando sono meno obliqui, che nell'inverno quando lo sono di più. Parimenti se si presenta a un termometro la superficie piana d'un corpo caldo, si osserva che il termometro tanto meno s'innalza quanto più la superficie raggiante si va inclinando sulla normale.

Potere emissivo.

182. L'attitudine che hanno i corpi a raggiare calorico appellasi facoltà o potere emissivo. A pari temperatura il potere emissiva de'corpi è diverso secondo la diversa natura chimica e qualità meccaniche della superficie raggiante. L'esperienza ha dimostrato che la superficie raggiante non è solamente l'estrema superficie o superficie geometrica dei corpi, ma i raggi possono partire anche dai punti sottoposti qualche poco alla superficie geometrica. Per misurare il potere emissivo delle diverse superficie si fa uso di un vaso metallico di forma cubica, le cui pareti laterali si coprono di sottili lamine di varie sostanze. Riempiuto il vaso di acqua a 100° si va successivamente rivolgendo or l'una or l'altra delle sue facce laterali ad un sensibilissimo termometro, e se ne osservano le indicazioni aspettando ciascuna volta che esso siasi reso stazionario. Si trovano con ciò per le diverse pareti dei risultati molto diversi; p. e. la faccia coperta di ve-



tro fa innalzare il termometro sei volte più della faccia coperta di stagno. Chiamando 100 il potere emissivo del negrofumo, che non la cede in ciò a nessuna altra sostanza si ha la tavola seguente:

Acqua	100
Carta	98
Pece	96
Vetro	90
Inchiostro della Cina	85
Ghiaccio	85
Colla di pesce	80
Piombo appannato	45
Mercurio	25
Piombo lucente	19
Platino laminato	17
Stagno	15
Ottone battuto	9
Rame	7
Oro laminato	5
Argento battuto	3

Si vede da questa tavola, che le superficie metalliche pulite e lisce hanno un debolissimo potere emittente. Quindi è che i vasi metallici lucenti sono adattatissimi a conservare caldo lungo tempo un liquido. Un vaso d'argento ben pulito non emette che circa la metà di quel calorico che viene emesso nelle stesse circostanze da un vaso di porcellana. Ma se una superficie metallica venga leggermente bagnata di acqua,

di olio o di qualche altro liquido, la sua facoltà e-
missiva si accresce notabilmente. Lo stesso avviene
sovrapponendovi un sottilissimo strato di qualche
vernice; e ciò che è degno di essere notato si è che un
secondo strato l'accresce ancora e così un terzo, un
quarto &c fino ad una certa spessezza che si è cal-
colato esser di $0^{mm},04$, oltrepassata la quale, il pote-
re emissivo non cresce più per nuovi strati che vi si
aggiungano. Da ciò apparisce che anche la spessez-
za della superficie emittente influisce sul potere emis-
sivo, almeno nelle sostanze non metalliche, dachè nei
metalli variando la spessezza della superficie non si
scorge sensibilmente alterato il loro debole potere emis-
sivo.

In quanto alle altre qualità meccaniche della super-
ficie raggiante generalmente parlando il potere emis-
sivo è tanto minore quanto più la superficie è liscia
e levigata, ed al contrario esso è tanto maggiore
quanto più è ravida e striata. Per dimostrarlo si
fa uso di un vaso cubico simile al precedente ma
che abbia una faccia laterale perfettamente liscia
e pulita e le altre più o meno scabre e solcate in-
varie direzioni. Riempiuto il vaso di acqua calda
si vede che se la faccia liscia fa innalzare il termo-
metro p. e. di un grado, la più ruvida lo farà in-
nalzare di due e anche di più. Ciononostante le la-
stre di marmo, di avorio e di altre sostanze non
alterano sensibilmente il loro potere emissivo quan-
do si rendono più liscie o più scabre. Pare che
l'aumento del potere emissivo che d'ordinario si

osserva nelle superficie metalliche rese scabre deb_ ba attribuirsi alla minore durezza ed elasticità del_ le parti interne relativamente alla superficie esterio_ re, la quale per lo più ha sofferta l'azione del mar- tello o del laminatoio. Difatto se di due lastre d'oro o d'argento fuse una se ne pulisca e l'altra si sol- chi con punta di diamante, questa di cui il dia- mante ha rese più dure alcune parti ha potere emis_ sivo minore dell'altra.

Molte sostanze organiche come l'erbe, le foglie dei vegetali, il cotone, la lana, le piume &c. hanno un potere emissivo niente inferiore al negrofumo. Que- ste sostanze esposte all'aria libera in una notte se- rena e tranquilla si raffreddano per irradiazione di 5 di 6 ed anche di 7 gradi più degli altri cor- pi circostanti. Non deve dunque far meraviglia se a preferenza di altri corpi l'erbe, le foglie, la lana &c. si vedono abbondantemente coperte di rugiada o di brina, le quali altro non sono che vapor d'ac- qua esistente nell'atmosfera depositato sulla su- perficie de' corpi raffreddati per la notturna irra diazione. Neppure deve far meraviglia se talvolta si trovano al mattino agghiacciate le superficie delle acque stagnanti, sebbene la temperatura del- l'aria durante la notte siasi mantenuta di tre o 4 gradi sopra lo zero. La grande facoltà emissiva che ha l'acqua può farle acquistare pel raggiamento not turno una temperatura di alcuni gradi inferiore a quella dell'aria circostante.

Il calorico raggiante emesso da un corpo allorché

arriva ai altri corpi e' da questi in parte assorbito, ed in parte riflesso, diffuso e trasmesso.

Potere assorbente

183. „ *Il potere assorbente di un corpo general-*
„ *mente parlando è uguale al suo potere emissivo.*
La prova di questa proposizione l'abbiamo dal fatto,
che se un termometro si colloca entro di un reci-
piente perfettamente chiuso, vuoto d'aria e mante-
nuto ad una temperatura uniforme, il tempo im-
piegato a stabilirsi l'equilibrio di temperatura fra
il termometro e il recipiente è lo stesso, ossia che la
temperature del termometro superi di un certo nu-
mero di gradi quella del recipiente, ossia che la
temperatura di questo sorpassi di eguale numero
di gradi quella del termometro. Inoltre si osserva
che tutto ciò che modifica il potere emissivo modifi-
ca altresì il potere assorbente, di maniera che se al
variare la superficie di un corpo o la direzione dei
raggi calorifici il suo potere emissivo si rende dop-
pio o triplo, doppio o triplo diviene anche il suo pote-
re assorbente. Questa corrispondenza fra il potere
emissivo ed assorbente è la causa perchè i recipienti
metallici i quali sono ottimi per mantenere caldi i
liquidi servono anche benissimo per conservarli fred-
di. Al contrario se si vuole che i recipienti assorba-
no od emettano abbondantemente il calorico raggian-
te giova tingerli all'esterno di color nero. Le vesti-
nere ed il pelame bruno fanno che l'uomo od altri ani-

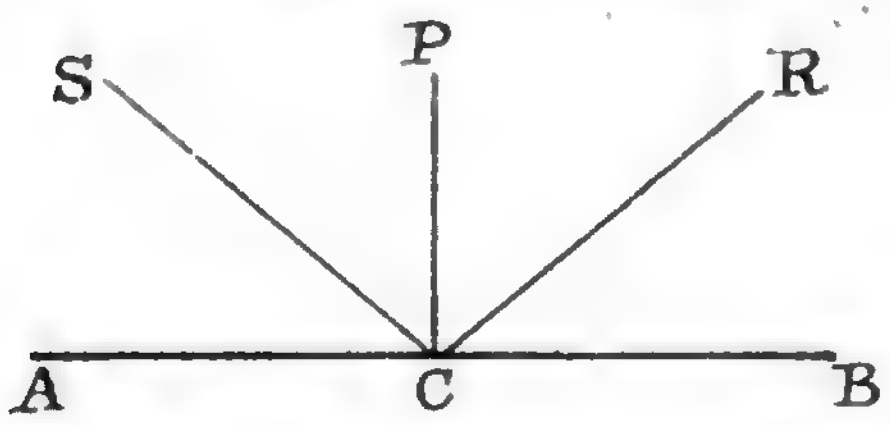
mali esposti al sole assorbono più di calorico e all'om bra più facilmente lo trasmettono.

Fino a questi ultimi tempi si era ammesso che il potere assorbente di un corpo non variasse al variare della sorgente calorifica, epperò che i due poteri assorbente ed emissivo fossero sempre perfettamente uguali; ma si è di poi osservato che alcuni corpi assorbono a proporzione più raggi calorifici emessi da un corpo oscuro che da un luminoso ed altri per converso, dimanierache' passando da una sorgente calorifica ad un altra puo' non sussistere più l'uguaglianza fra il potere emissivo e l'assorbente. Così p.e. il carbonato di piombo esposto al raggiamento dell'acqua bollente assorbe tanto calorico quanto ne assorbe il negrofumo, laddove lo stesso carbonato di piombo esposto al raggiamento della fiamma di una lucerna non assorbe che circa la metà del calorico assorbito dal negrofumo. Anche la neve assorbe assai meglio il calorico di un corpo oscuro che non quello del sole. Viceversa nell'inchiostro della Cina è maggiore il potere assorbente pei raggi luminosi che per gli oscuri. A spiegare questo e molti altri fenomeni che vedremo appresso, è necessario ammettere che le radiazioni calorifiche non sieno tutte omogenee; ma come vi sono de'raggi luminosi rossi, gialli, verdi &c, così vi sieno anche de'raggi calorifici dotati di qualità differenti e più o meno adattati ad essere assorbiti da uno stesso corpo. Fra le sostanze che assorbono quasi tutto il calorico incidente il negrofumo è forse l'unico che l'assorbe per ugual manie-

ra qualunque sia la sorgente donde emana il calorico. Questa costanza del potere assorbente del negro fumo è di sommo rilievo nello studio del calorico raggiante, imperocchè ci offre il mezzo di misurare l'intensità delle radiazioni calorifiche, indipendentemente dalle loro qualità specifiche.

Riflessione e Diffusione del calorico.

184. *I raggi calorifici che imbattendosi nei corpi sono da essi ripercossi in certe determinate direzioni si dicono riflessi. Rappresenti* AB *la superficie di un corpo riflettente,* SC *la direzione di un raggio calorifico che arriva ad essa superficie nel punto* C, CP *la perpendicolare innalzata dal punto* C, *e* CR *il raggio riflesso. Il raggio* SC *si chiama* raggio incidente, *l'angolo* SCP angolo d'incidenza, *e* PCR angolo di riflessione. *L'esperienza mostra che, l'angolo di riflessione è sempre uguale all'angolo di incidenza ed ambedue sono nel medesimo piano". Gli effetti che producono due specchi concavi (181) posti l'uno in faccia all'altro sono una conseguenza insieme ed una conferma della legge della riflessione.*



Le sostanze metalliche, specialmente se liscie e pu-

lite, riflettono molto bene il calorico; il negrofumo, il vetro, la carta lo riflettono pochissimo. Osservando le variazioni che produce in un sensibile termometro il calorico riflesso da varie sostanze, si è trovato che il mercurio riflette il calorico meglio di tutti i corpi; in seguito vengono l'argento, l'oro e gli altri metalli nel l'ordine qui sotto indicato.

Mercurio	100
Argento	97
Oro	95
Ottone	93
Stagno	86
Acciaio	83
Platino	83
Zinco	81
Ferro	77

Quando la superficie del corpo su cui arriva il calorico raggiante è scabra, in tal caso esso viene ancora in parte rimandato indietro nel medesimo stato di calorico raggiante, ma sparpagliato secondo le diverse inclinazioni dei punti che formano la superficie scabra. Questa seconda specie di riflessione si appella riflessione irregolare; poichè sebbene ciascun raggio elementare si rifletta regolarmente, pure dopo la riflessione non sono più diretti verso la medesima banda, epperò non sono atti a produrre gli stessi effetti calorifici che producono i raggi riflessi dalle superficie liscie.

Aumentando la durezza e l'elasticità de' corpi si accresce la loro forza riflettente; in generale tutto ciò che rende difficile l'emissione e l'assorbimento del calorico facilita invece la sua riflessione, donde dobbiamo conchiudere che una superficie riflettente respinge indietro non solo i raggi calorifici che giungono ad essa per insinuarsi nel corpo, ma quelli ancora che vengono dall'interno del corpo per uscirne.

Ma quantunque in un medesimo corpo le circostanze che si oppongono all'assorbimento favoriscano la riflessione, non si deve però inferire che tutto il calorico incidente non assorbito o trasmesso sia riflesso. Le delicate indagini del Melloni sul calorico raggiante hanno mostrato che una parte del calorico incidente spesso non è nè assorbito, nè trasmesso, nè riflesso regolarmente o irregolarmente, ma disperso in tutte le direzioni. Il calorico così riverberato e disperso dicesi calorico diffuso.

Assai forte è il potere diffusivo dei metalli specialmente dell'oro, del platino, dell'argento, del rame, dello stagno; ed è invariabile per qualunque specie di sorgente calorifica. I corpi bianchi all'opposto diffondono bene i raggi de' corpi roventi, e male quei di sorgenti deboli. Il negrofumo ha forza diffusiva piccolissima ed uguale per tutte le specie di raggi, onde può dirsi melanotermico cioè nero anche rispetto al calorico.

Trasmissione del calorico raggiante attraverso i corpi.

185. *I corpi che dànno passaggio al calorico ra-*

diante si appellano diatermici o trascalescenti, ed il calorico per essi passato dicesi trasmesso. Frapposta una lastra di metallo fra noi e un fuoco ordinario, cessiamo di sentirne il calore, e se dopo qualche tempo torniamo a provarlo è perchè il metallo riscaldato è divenuto sorgente di calorico. Questa lastra di metallo non si appellerà dunque diatermica ma adiatermica ed il calorico che da essa ci viene comunicato non si dirà trasmesso ma emesso o raggiato.

„ Non solo l'aria atmosferica ma molti altri corpi „ solidi liquidi ed aerei sono diatermici „. Che l'aria atmosferica sia diatermica ne abbiamo una prova continua nel calorico del Sole e delle nostre sorgenti calorifiche che ci riscaldano senza che per ugual maniera venga a riscaldarsi l'aria interposta. Se nel foco di uno dei due specchi concavi più volte menzionati si collochi la fiamma di una candela, il termometro collocato nel foco dell'altro specchio dà segno di riscaldamento ancorchè fra i due specchi s'interponga una sottile lastra di salgemma o di vetro, o uno strateretto di olio, di acqua, di alcool &c. Ne' tale riscaldamento si può attribuire al calorico assorbito dal corpo interposto e poi raggiato verso il secondo specchio; dache' se così fosse avvicinando esso corpo al termometro, questo darebbe segno di maggiore riscaldamento, cosa che non succede. Oltre di che le radiazioni calorifiche del corpo interposto fra i due specchi, divergendo in tutte le direzioni non possono concorrere a concentrarsi

nel foco del secondo specchio, come fanno i raggi che partono dal primo.

186. „ La diatermasia de' corpi non è proporzionale alla loro trasparenza, anzi vi sono delle sostanze diatermiche, le quali non dànno alcun passaggio „ alla luce „. Per convincersi della prima parte di questa proposizione basta dare un'occhiata alla tavola seguente nella quale si rappresenta per uno la quantità del calorico incidente su ciascuna delle nominate sostanze ridotte in lamine o strati della spessezza medesima, ed esposte al calorico raggiato dalla fiamma di una lucerna

Salgemma	0,92
Solfo	0,74
Vetro limpidissimo	0,39
Cristallo di monte limpido	0,38
Cristallo di monte affumicato	0,37
Olio d'oliva	0,30
Acido solforico	0,17
Alcool	0,15
Soluzione di sale comune	0,12
Acqua	0,11
Allume	0,09

La differenza sì notabile che passa fra la diatermasia e la trasparenza va anche più oltre fino ad arrivare a una completa opposizione. Il vetro nero, la mica nera ed il salgemma coperto di negro fumo sulla fiamma di una candela sono tre sostanze che

non danno alcun passaggio alla luce, eppure le vediamo trasmettere un quarto, un terzo, ed in certi casi anche più della metà del calorico incidente. Questo fatto dimostra ad evidenza che le radiazione delle sorgenti luminose contengono de' raggi calorifici del tutto separabili dalla luce.

„ La diatermasia di un corpo varia al variare „ della sorgente calorifica „. I raggi solari scaldano assai bene attraverso una lastra di vetro; non così il calorico de' nostri fuochi ordinarî e molto meno quello raggiato dai corpi oscuri. Si è osservato che il calorico radiante non è sensibilmente trasmesso da una sottile lastra di vetro, se la temperatura della sorgente non giunge almeno a 100°, ed assai poco se è tra i 200° ed i 300°. Simili differenze si osservano in altre sostanze diatermiche, come si scorge nella tavola seguente ove sono riportate le quantità di calorico trasmesse da alcuni corpi successivamente sottoposti alle radiazioni di una spirale di platino incandescente e di un vaso di rame pieno di acqua bollente

	Spirale di Platino =	Acqua a 100° =
Salgemma	0,92	0,92
Solfo	0,77	0,54
Cristallo di monte	0,28	0,03
Vetro	0,24	0,00
Allume	0,02	0,00

Il salgemma bastantemente trasparente è l'unica so-

stanza finora conosciuta, che trasmette sempre la stessa proporzione di calorico raggiante, qualunque sia la sorgente calorifica; onde il salgemma è rispetto al calorico raggiante ciò che rispetto alla luce è un limpidissimo cristallo attraverso del quale appare egualmente bene la luce del Sole come quella di una candela, tanto la luce rossa quanto la verde.

	1mm	2	3	4	5
Vetro comune	0,733	0,682	0,653	0,634	0,620
Cristallo di monte	0,768	0,733	0,718	0,708	0,702
Acqua stillata	0,057	0,032	0,020	0,015	0,011

187. „ La quantità del calorico „ trasmesso non è sempre proporzionale alla spessezza de' corpi diatermici „. Aumentando la spessezza della lastra interposta fra l'apparato termoscopico e la fiamma di una lucerna, da prima l'assorbimento cresce rapidamente poi va diminuendo e i raggi incidenti non soffrono più che una perdita molto piccola. La tavola accanto mostra la verità di questa asserzione. Nella prima linea si contengono le spessezze delle sostanze interposte espresse in millimetri, nelle altre si leggono le quantità del calorico trasmesso per uno di calorico incidente.

Gli aumenti di perdita del calorico raggiante già sì piccoli alla spessezza di 5mm, lo divengono anche più a maggiori spessezze. Così p. e.

spessezza di 8^{mm} nel vetro è solamente di 0,008 e nell'acqua di 0,002 maggiore della perdita corrispondente alla spessezza di 7^{mm}. Ciò vuol dire che questi corpi rispetto ad alcuni raggi sono perfettamente diatermici. Ora si vede anche meglio che l'assorbimento (183) dei raggi calorifici dipende dalla diversa qualità de' raggi incidenti, mentre alcuni di questi sono prontamente assorbiti dai primi strati del corpo interposto ed altri nol sono, ancorchè il numero degli strati vada di continuo aumentando.

L'analogia che le diverse specie di raggi calorifici hanno coi raggi diversamente colorati ha fatto chiamare termocrosi o colorazione calorifica la proprietà che hanno molti corpi di trasmettere, diffondere ed assorbire piuttosto le une che l'altre specie di raggi calorifici. Il vetro, il cristallo di monte, l'acqua si diranno dunque termocroici ed il salgemma atermocroico. La termocrosi di molte sostanze ci viene anche mostrata dalle modificazioni che subiscono i raggi calorifici nel passare attraverso di una o più sostanze diatermiche. Se p. e. i raggi calorifici trasmessi pel vetro nero si ricevano sopra una lastra di limpidissimo allume, questo gli assorbe completamente, appunto come farebbe un vetro rosso relativamente ai raggi luminosi trasmessi per un vetro verde. Dunque i raggi calorifici trasmessi dal vetro nero differiscono dai raggi che trasmette l'allume, come i raggi trasmessi dal vetro verde sono diversi da quelli che passano pel vetro rosso. Somiglianti effetti si osservano anche quan

do al vetro nero si sostituisce la mica nera o un ve-
tro invertito dall'ossido di rame, ed all'allume uno sti-
tarello di acqua chiuso fra due vetri. In questi casi l'a
re si osserva una sostanza diatermica qual'è l'acqua
intercettare affatto i raggi calorifici solo perchè que-
sti sono prima passati attraverso la mica nera o il
vetro verde. Questi fatti anche da se soli basterebbero
per autorizzarci ad ammettere che le radiazioni calo
rifiche sono composte di differenti specie di raggi e
che le sostanze diatermiche non hanno relativamen-
te alle diverse specie di raggi oscuri la medesima
facoltà di trasmetterli od assorbirli. Tutto ciò si es
prime più brevemente dicendo che „ esiste una ter
„ mocrosi o colorazione calorifica tanto nei raggi
„ oscuri quanto ne' mezzi ad essi permeabili „.

Capo IIII.

Degli effetti del Calorico

Gli effetti che il calorico produce nei corpi si possono ridurre a tre classi, vale a dire agli effetti fisici, chimici e fisiologici. Ci occuperemo prima degli effetti fisici cioè della rarefazione de' corpi, della loro fusione e volatizzazione.

Articolo 1.

Rarefazione dei fluidi aerei

188. *I fluidi aerei come quelli che oppongono minore ostacolo alla forza dilatante del calorico, si rarefanno più degli altri corpi, ed il loro coefficiente di rarefazione si mantiene sensibilmente costante per variazioni anche grandi di temperatura. Chiamasi coefficiente di rarefazione l'aumento che subisce il volume di un corpo a zero allorchè cresce di un grado la sua temperatura.*

Chiusa dell'aria perfettamente secca in una palla terminata da un tubo capillare di vetro pieno in parte di mercurio ed immerso in un vasello conte-

riente lo stesso liquido, si trova che il suo coefficiente di rarefazione, sotto la pressione atmosferica di $0^m,76$, è 00367, e tale all'incirca si mantiene a qualsivoglia temperatura. Se dunque sia v_0 il volume di una massa di aria a $0°$, sotto la pressione di $0^m,76$, il volume v_t della stessa massa a t gradi di temperatura sarà

$$v_t = v_0 + 0,00367 v t = v_0 (1 + 00367\, t)$$

Al contrario un volume di aria v_t alla temperatura t, portato a $0°$ senza che cambi la pressione, sarà

$$v_0 = \frac{v_t}{1 + 00367\, t} .$$

Quindi si vede che dato il volume v_t di una massa di aria alla temperatura t e sotto la pressione di $0^m,76$, per averne il volume $v_{t'}$ alla temperatura t' sotto la medesima pressione basterà dividere v_t per $1 + 0,00367t$, e moltiplicarlo per $1 + 0.00367t'$, sarà cioè

$$v_{t'} = \frac{v_t (1 + 0,00367t')}{1 + 0,00367t} .$$

Ma il coefficiente di rarefazione dell'aria non si mantiene esattamente costante sotto tutte le pressioni; esso diminuisce col diminuire della pressione e cresce col crescere della medesima. Così p. e. sotto una pressione compresa fra $0^m,30$ e $0^m,50$ il coefficiente di ra

refazione dell'aria è 0,00366 ; e sotto una pressione fra tre e quattro atmosfere è 0,00369. Queste variazioni per altro sono assai piccole e nella maggior parte delle applicazioni si possono trascurare.

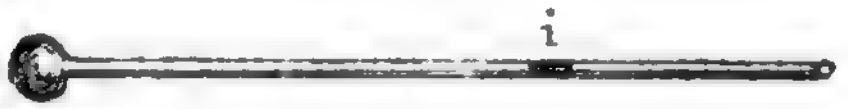
In quanto agli altri fluidi aerei si può tenere che nel rarefarsi seguano prossimamente le stesse leggi dell'aria atmosferica. Diciamo prossimamente, giacchè ciascun fluido aereo a rigore matematico ha il suo proprio coefficiente di dilatazione, come apparisce dalla tavola seguente:

	Coeff.te di rarefazione. =
Idrogene	0, 00366
Aria atmosferica	0, 00367
Ossido di carbonio	0, 00367
Acido carbonico	0, 00371
Protossido di nitrogene	0, 00372
Cianogene	0, 00388
Acido solforoso	0, 00390

Questi coefficienti si riferiscono alla pressione di 0m,76. Crescendo o diminuendo la pressione crescono o diminuiscono anche le dilatazioni, e l'aumento o la diminuzione è diversa nei diversi fluidi aerei. Se p.c. la pressione cresce fino a tre atmosfere, piccolissimo ed affatto trascurabile si trova essere l'aumento nella rarefazione dell'idrogene, laddove il coefficiente di rarefazione dell'acido carbonico da 0,00371 passa a 0,00385 aumento assai maggiore di quello che sotto la stessa pressione si è veduto subire il coefficiente di

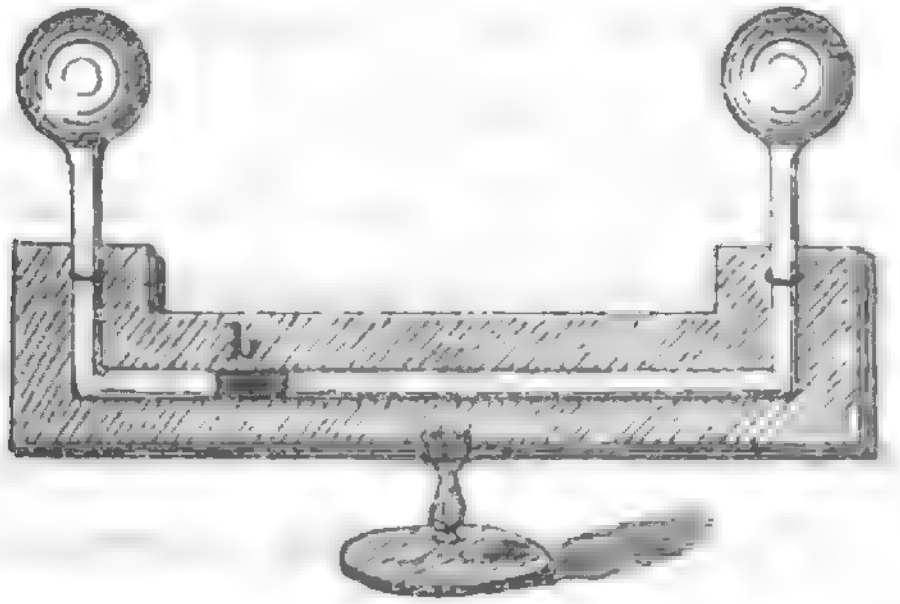
rarefazione dell'aria atmosferica.

Un'applicazione dell'egnabile dilatazione de' fluidi aerei l'abbiamo nel termometro ad aria. Consiste il



termometro ad aria in una palla sormontata da un lungo e sottile cannello di vetro. La palla e porzione del cannello sono pieni di aria perfettamente secca, ch'eri mane chiusa da un indice i di mercurio o di acido solforico colorato. La graduazione si fa come nei termometri a mercurio; ma siccome l'estremità del cannello deve rimanere aperta affinchè l'aria della palla possa liberamente rarefarsi fa d'uopo corregge re le sue indicazioni per mezzo di quelle del barome tro. Non ostante questo inconveniente, il termometro ad aria è il più adattato per esplorare le piccole variazioni di temperatura, e l'unico che possa servire per termine di confronto quando si tratta di determinare i limiti entro i quali la rarefazione di un corpo è uniforme.

Ai termometri ad aria si riferiscono i termosco



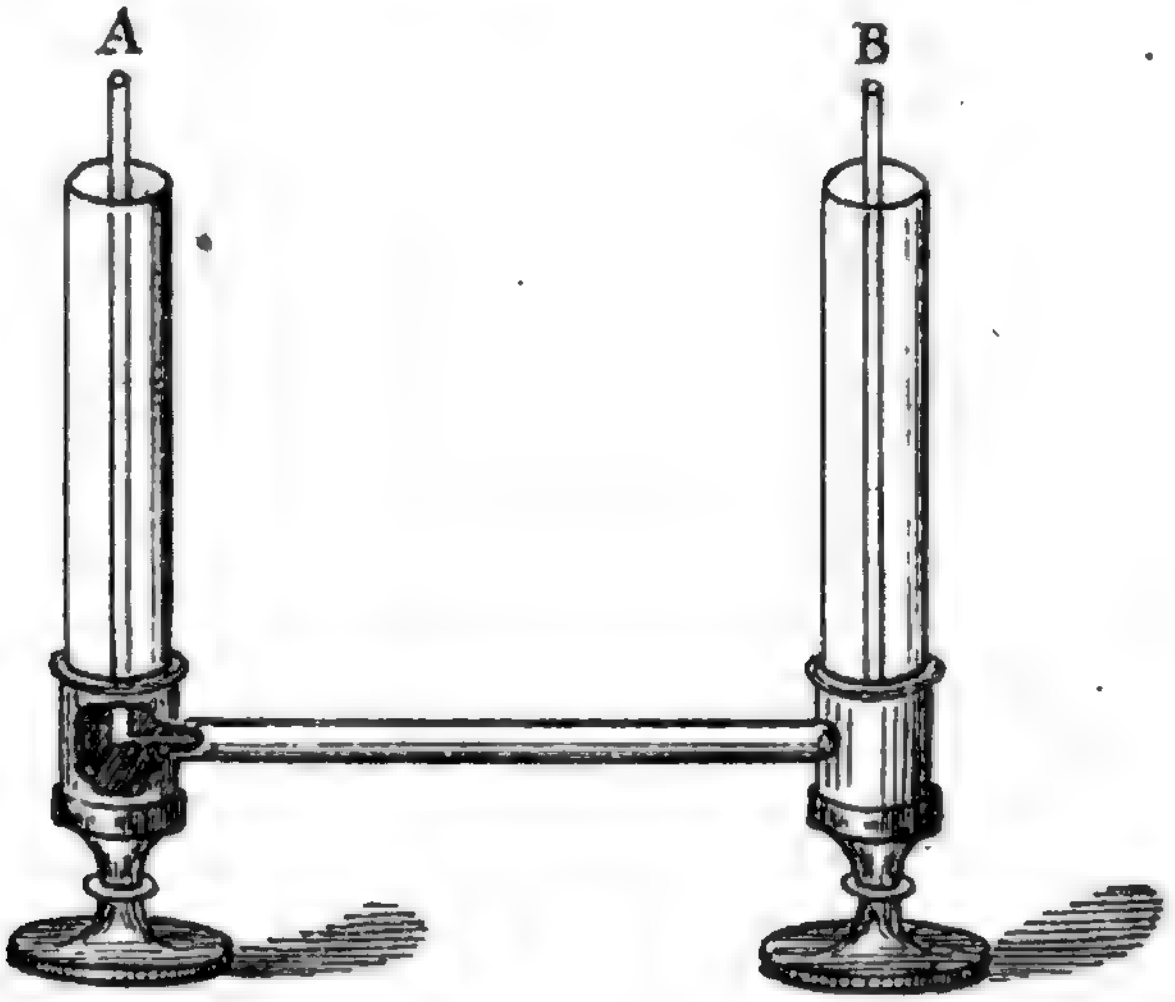
pî ò termometri differenziali. Il più usato e' quello di Rumford, che si compone di due palle unite assieme mediate un tubo ripiegato come si vede nella figura. E' pieno d'aria ben secca che rimane divisa in due volumi da una bolla liquida b introdotta nel tubo. Accostando un corpo alquanto caldo p.e. una mano ad una delle due palle, l'aria che c'in questa dilatandosi caccia dal lato opposto la bolla liquida: il contrario avviene se gli si accosti un corpo meno caldo dell'aria in essa racchiusa. Questo strumento è prontissimo nelle sue indicazioni, e può mostrare i centesimi ed i mezzi centesimi di grado de' comuni termometri a mercurio.

Articolo 2.

Rarefazione de' liquidi

189. La rarefazione de' liquidi a parità di riscaldamento suol essere molto minore ed anche meno uniforme di quella de' fluidi aerei; di più ciascun liquido ha il suo proprio coefficiente di rarefazione. Fra i diversi metodi che si sono usati per misurare le rarefazioni de' liquidi uno de' più esatti consiste nell'introdurre il liquido entro due tubi di vetro verticali A e B aperti superiormente, ed uniti inferiormente con un altro tubo più sottile ed orizzontale. Uno di questi tubi si mantiene alla

temperatura 0° circondandolo di ghiaccio pisto, men-



tre l'altro si va scaldando gradatamente infondendo dell'acqua calda nel recipiente che lo circonda. Il liquido contenuto nel tubo esposto al calore dilatandosi diviene specificamente più leggero, e siccome è una legge d'idrostatica che i liquidi di diversa densità nell'equilibrarsi fra loro entro ai tubi comunicanti prendono altezze reciproche delle densità, perciò basterà misurare la differenza delle altezze del liquido nei due tubi per conoscere la sua rarefazione apparente. Chiamasi rarefazione apparente quella che mostrano i liquidi allorchè non si tiene conto dell'aumento di capacità prodotto dal calorico nei recipienti che li contengono. E' chiaro che per avere la rarefazione reale di un liquido fà d'uopo aggiungere alla rarefazione apparente l'abbassamento cagionato nel liquido dall'aumentata capacità del recipiente.

Da molte esperienze fatte sul mercurio si è trovato che il suo coefficiente di rarefazione reale è 0,00018, ed inoltre che questo coefficiente si mantiene sensibilmente costante da −36° a 100°; giacchè dentro questi limiti le indicazioni del termometro a mercurio sono concordi con quelle del termometro ad aria, cosa del tutto inverosimile se l'aria ed il mercurio non si dilatassero entrambi equabilmente per uguali aumenti di temperatura. Oltrepassati i 100° le rarefazioni del mercurio vanno crescendo gradatamente a misura che si porta a più elevate temperature. Di fatto la media del suo coefficiente di rarefazione si trova essere

da 100° a 200°	0,000184
da 200° a 300°	0,000188.

Una applicazione molto importante del coefficiente di rarefazione reale del mercurio è quella di poter correggere le indicazioni del barometro osservate a temperature diverse dallo zero. Supponiamo p. e. che corretto l'errore della capillarità il barometro segni 0m,75 essendo la temperatura di 30°. Per avere l'indicazione che nelle medesime circostanze darebbe un barometro col mercurio a 0°, si dovrà sottrarre da 0m,75 la quantità 0,00018.30.0,75 = 0,00405, con che si avrà per l'altezza cercata 0m,7459. In generale denotando H l'altezza del barometro alla temperatura t, l'altezza h alla temperatura di 0° si ottiene dalla formola

$$h = H(1 - 0,00018t),$$

avvertendo di dare a t il segno negativo quando si tratta di temperatura sotto lo zero.

La rarefazione dell'alcool è tanto maggiore quanto più questo liquido è rettificato. L'alcool puro da $-26°$ fino a $37°$ si dilata a un dipresso equabilmente per uguali aumenti di temperatura, ed il suo coefficiente di rarefazione apparente nel vetro è otto volte maggiore di quello del mercurio nel vetro medesimo.

L'acqua ha un modo di rarefazione singolare. Dal grado della sua fusione cioè da $0°$ fino ai $4°$ ella si restringe di una piccolissima quantità che è di [illegible] = 0,0001269. Quindi è che l'acqua prossima a gelare essendo più leggera di quella che n'è ancora alcun poco lontana, il ghiaccio suol cominciare a formarsi dalla superficie. Arrivata poi l'acqua alla temperatura $4°$ è al massimo di densità, poichè crescendo la temperatura si dilata al pari degli altri liquidi riprendendo verso gli $8°$ quel medesimo volume che aveva a $0°$ e proseguendo a dilatarsi con legge accelerata fino al suo passaggio allo stato aereo. L'aumento del volume dell'acqua da $4°$ a $100°$ è 0,04315. La diminuzione di volume che subisce l'acqua da $0°$ a $4°$ sembra doversi attribuire all'incominciare che fanno le sue molecule ad accostarsi a quelle vicendevoli posizioni che esse debbono definitivamente prendere nel passare allo stato solido, ed a cui corrisponde un volume assai maggiore, quale si è quel

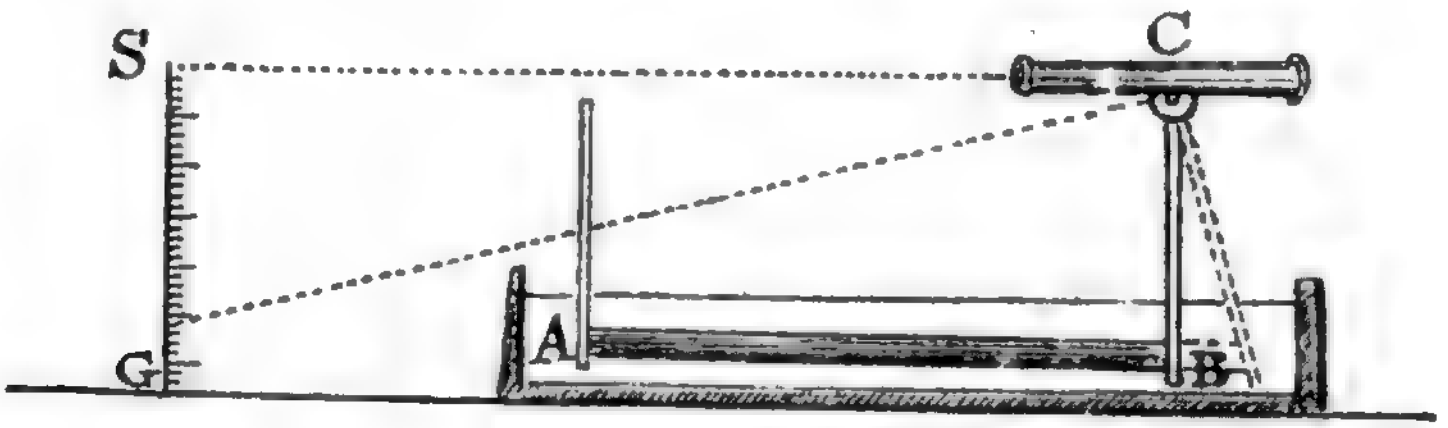
lo del ghiaccio.

Riguardo agli altri liquidi generalmente si osserva che il loro coefficiente di rarefazione va crescendo quando il liquido si accosta alla temperatura in cui bolle, e va invece diminuendo quando si approssima alla temperatura a cui prende lo stato solido. Ciò dipende dall' attrazione molecolare che diminuendo nel primo caso e crescendo nel secondo non oppone sempre lo stesso ostacolo alla forza dilatante del calorico.

Articolo 3.

Rarefazione dei solidi

190. La rarefazione dei solidi si può considerare o riguardo all'intero volume, ed allora dicesi rarefazione cubica, ovvero riguardo ad una sola dimensione p. e. alla lunghezza, ed in questo caso si chiama rarefazione lineare.



Il coefficiente di rarefazione lineare dei solidi si mi-

sura appoggiando una estremità A del solido ad un punto fisso e collocando sull'altra estremità B che resta libera un cannocchiale C diretto verso una scala graduata SG. L'allungamento del solido viene indicato dalle divisioni che passano in mezzo del campo del cannocchiale. Il coefficiente cubico, quando si tratta di solidi di densità uniforme, è prossimamente triplo del lineare, vale a dire se la lunghezza cresce di $\frac{1}{1000}$ il volume si aumenta di $\frac{3}{1000}$. Infatti nei corpi omogenei tutte le dimensioni si aumentano nella medesima proporzione, e la geometria insegna che i volumi dei solidi simili sono come i cubi dei lati omologhi. Se dunque una delle dimensioni del solido venga per il calorico a crescere nel rapporto di $1 : 1+\frac{1}{1000}$, il volume crescerà come $1 : \left(1+\frac{1}{1000}\right)^3$, ossia come $1 : 1+\frac{3}{1000}$; poichè le quantità $\frac{3}{1000^2}$, $\frac{1}{1000^3}$ si possono trascurare in paragone dei $\frac{3}{1000}$.

Nella tavola che segue si veggono i coefficienti lineari fra 0° e 100° di alcuni solidi de' quali importa maggiormente conoscere la legge della dilatazione.

Hintgluss		0,00000801
Vetro comune	minimo	0,00000876
	massimo	0,00000918
Platino		0,00000884
Acciaio non temperato		0,0000106
Ferro fuso		0,0000112

Ferro dolce	0,0000122
Acciaio tempercito	0,0000124
Oro raffinato	0,0000146
Rame	0,0000172
Bronzo	0,0000182
Ottone	0,0000188
Argento di coppella	0,0000191
Stagno	0,0000217
Piombo	0,0000286
Zinco	0,0000294
Ghiaccio	0,000245.

191. *Le rarefazioni de' solidi vanno soggette a parecchie anomalie che giovera' far notare.*

Molti corpi di origine organica come legni, carta, capelli &c. si sogliono restringere nello scaldarsi ; ma questo restringimento si vuole attribuire alle particelle di acqua che evaporando per il calorico lasciano all'attrazione molecolare il campo di avvicinare le molecule, eppero' l'effetto del calorico resta nascosto. Infatti i legni, i capelli, la carta ben disseccati sono rarefatti dal calorico, benche' non molto. Le sostanze animali assai difficilmente perdono ogni principio evaporabile, onde conservano piu' a lungo delle vegetabili la facolta' di contrarsi per il calorico.

Anche le argille, che sono silicati di allumina per lo piu' combinati o misti ad altre sostanze, scaldate si restringono in cambio di rarefarsi, e conservano il ristringimento ricevuto ancora dopo che si sono tornate

a raffreddare. La cagione di questo strano fenomeno pare che sia l'affinità chimica, la quale sotto l'influso del calorico determina una più intima unione fra i componenti delle argille, paralizzando così l'effetto direttamente prodotto dal calorico. Difatto le argille, che sono state esposte a un forte calorico e quindi lasciate raffreddare se tornano di nuovo ad essere scaldate si dilatano al pari degli altri corpi finché non sieno un'altra volta arrivate a quell'alta temperatura che avevano antecedentemente provata; oltrepassato questo termine cominciano di nuovo a restringersi. Il restringimento non è dunque prodotto direttamente dal calorico, ma dall'azione chimica o da altra causa che è messa in attività dal calorico.

Un'altra anomalia è quella che ci presentano alcune sostanze, le quali sebbene si rarefacciano per il calorico, pure col raffreddamento non tornano poi alle stesse dimensioni che avevano prima di essere scaldate. L'acciaio p. e. quando da un'alta temperatura si fa rapidamente passare ad una assai bassa, nell'acquistare con questo processo la tempera, esso conserva altresì delle dimensioni alquanto maggiori che se si fosse lasciato raffreddare lentamente. Il rapido abbassamento di temperatura sembra che non dia tempo alle molecule dell'acciaio e di altri corpi di prendere esattamente quelle posizioni che prenderebbero se il raffreddamento fosse lento, onde restano in uno stato di equilibrio violento e a distanze maggiori che non porta il loro stato naturale. Questa disposizione a conservare le

dimensioni acquistate per l'innalzamento di temperatura si manifesta anche nel ferro, nel piombo ed in varî altri metalli.

Il vetro poi dopo essere stato esposto ad una elevata temperatura quando si raffredda non conserva stabilmente le dimensioni acquistate ne' ritorna subito alle primitive, ma si va lentissimamente restringendo per modo che non riprende il volume che aveva prima del riscaldamento se non dopo alcuni mesi ed anche qualche anno. Questo fatto è di molta importanza per la gradazione e l'uso dei termometri. Se un termometro viene graduato subito dopo soffiata la bolla, passato qualche tempo non si trova più d'accordo con se stesso, ma immerso nel ghiaccio che si fonde la colonna liquida si arresta alcun poco al disopra del punto segnato collo zero, e la differenza va crescendo col tempo e può arrivare fino a 2°.

Un simile spostamento dello zero si osserva anche nei termometri graduati alcuni anni dopo essere stati riempiti, sempreché vengono sottomessi a una notabile variazione di temperatura, di maniera che se un termometro è tenuto per alcuni minuti nell'acqua bollente e quindi immerso nel ghiaccio che si fonde la colonna liquida scende al disotto dello zero. La spiegazione di questo fenomeno si può trarre come per l'acciaio dalle posizioni forzate di equilibrio in cui rimangono le molecule del vetro, colla sola differenza che lo stato di solidità non è nel vetro come nell'acciaio un ostaco

lo sufficiente a impedire le molecule di andarsi ac sensibilmente accostando alle posizioni naturali di equilibrio ; conseguenza del quale movimento deve essere una piccola e lenta diminuzione di capacità nei vasi di vetro che hanno subita una rapida variazione di temperatura.

Per ultima anomalia noteremo che nei cristalli che non appartengono al primo sistema cristallografico la rarefazione per il calorico non è uguale in tutte le direzioni, anzi possono in una direzione restringersi mentre si dilatano in altra. Riscaldando p. e. un romboedro di carbonato di calce esso si dilata nella direzione dell'asse minore, secondo la quale direzione le molecule sono più ravvicinate, ed invece si restringe perpendicolarmente a questo asse, tendendo così il romboedro ad accostarsi alla forma cubica.

Altri cristalli che appartengono agli ultimi tre sistemi cristallografici (53) si dilatano o restringono ugualmente secondo tutte tre le direzioni degli assi. Ciò dipende dal non essere uniforme la densità de' cristalli che non appartengono al primo sistema cristallografico. Nè è difficile il concepire come accada il restringimento in una direzione mentre il cristallo si dilata nell'altra; poichè è chiaro che l'allontanamento delle molecule in una direzione deve naturalmente tendere ad approssimare fra loro le molecule laterali, a cui esse lasciano per dire così uno spazio vuoto da occupare, e che possono anche strascinar seco con la

Articolo 4.

Dei Termometri

192. Si è già detto alcuna cosa dei termometri (168, 188), che sono applicazioni della rarefazione dei corpi per il calorico; ora parleremo più in particolare delle varie specie di termometri liquidi e solidi.

Termometri a mercurio

Il mercurio sembra essere fra tutti i liquidi quello nel quale la rarefazione va maggiormente d'accordo colla quantità di calorico ricevuta, epperò il più acconcio a indicare regolarmente le variazioni di temperatura. Di più il mercurio attesa la sua poca capacità per il calorico e la sua molta facoltà conduttrice è più pronto degli altri liquidi nel collocarsi ad equilibrio di temperatura coi corpi circostanti. Ma l'uso del mercurio a liquido termometrico non è però affatto privo d'inconvenienti. Il suo coefficiente di rarefazione è piccolissimo, onde avviene che i termometri a mercurio sono più soggetti a variare sensibilmente nelle indicazioni pel cangiamento della pressione atmosferica. Infatti se si

rompe il tubo di un termometro a mercurio si vede che cessando l'effetto della pressione esterna la quale viene allora ad essere equilibrata dall'interna, la colonna di mercurio discende di parecchi decimi di grado ed anco di un grado intera, se il vetro della bolla e' sottile. Il medesimo fenomeno si osserva collocando sotto la campana della macchina pneumatica due termometri a mercurio, l'uno de' quali abbia il tubo ermeticamente chiuso e l'altro lo abbia aperto. Si trova che dopo essersi ridotti ambedue stazionari, quello col tubo chiuso si tiene piu' basso dell'altro, e si mantiene ad una costante differenza con questo ultimo in tutti i cangiamenti di temperatura che avvengono entro la campana. Inoltre anche il mercurio partecipa alcun poco del difetto di tutti gli altri liquidi, cioé di avere il coefficiente di rarefazione maggiore nelle alte temperature che nelle basse. Ma non ostante questi piccoli inconvenienti i termometri a mercurio nella maggior parte dei casi sono da preferirsi a tutti gli altri.

=

Termometri ad alcool

=

193. In vece del mercurio nella costruzione dei termometri si usa anche l'alcool per lo piu' colorato in rosso onde sia meglio visibile. In questa specie di termometri a motivo della maggiore grandezza dei gradi essendo meno sensibile lo spostamento dallo zero si puo' praticare la graduazione subito dopo

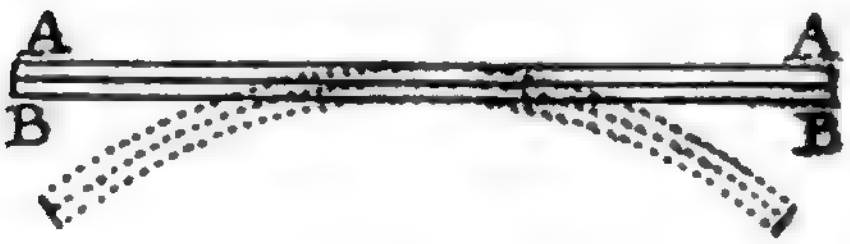
averlo riempito; ma la graduazione non può farsi che col paragone di un buon termometro a mercurio, poichè la rarefazione dell'alcool assai più di quella del mercurio va crescendo al crescere della temperatura. Anzi i termometri ad alcool neppure possono servire a indicare le temperature vicine a quella dell'acqua bollente: fra gli altri inconvenienti potrebbe infatti avvenire che a queste temperature la forza espansiva del vapore alcoolico facesse scoppiare la bolla. In ogni caso è sempre necessario che l'estremità del tubo opposta alla bolla vada a terminare in una cavità sufficientemente ampia, affinchè liquefacendosi il vapore non vi rimanga il liquido imprigionato, cosa che potrebbe facilmente accadere anche alle ordinarie temperature, ove la parte del mercurio più lontana dalla bolla fosse di un diametro capillare o molto piccolo. Ha però l'alcool in confronto del mercurio il vantaggio di avere maggiore il coefficiente di rarefazione e di poter servire a indicare le temperature inferiori alla congelazione del mercurio, dacchè l'alcool non prende lo stato solido che a bassissima temperatura.

Termometri solidi

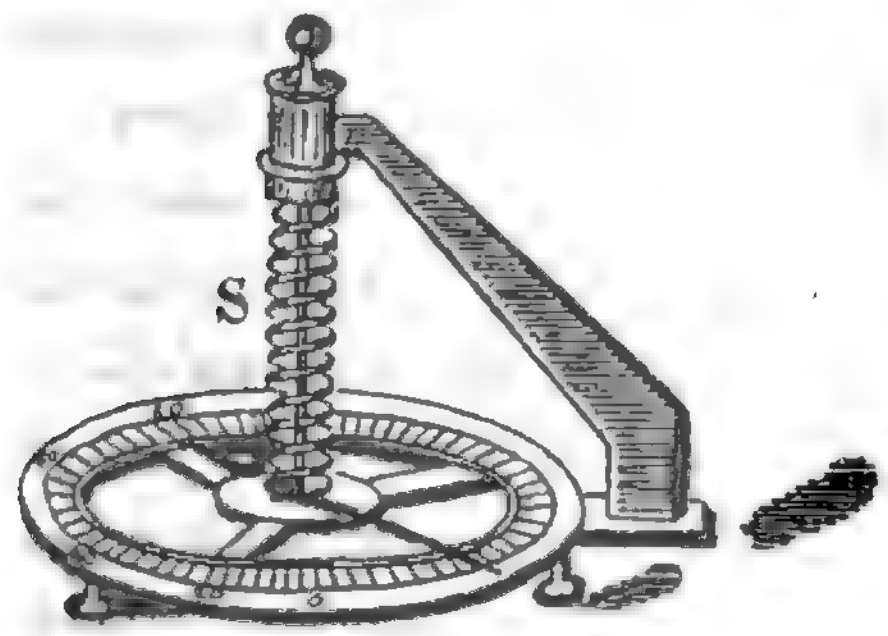
194. Si sono imaginate molte combinazioni e disposizioni diverse per misurare le temperature mediante la rarefazione o il restringimento de' corpi solidi. I termometri così costruiti si chiamano termometri solidi o metallici ed hanno il vantag-

gio che il calorico opera immediatamente sul corpo termometrico, non già mediante il vetro come ne' termometri ad aria od a liquido.

Alcuni termometri metallici sono fondati sul principio della disuguale dilatazione dei metalli. Se due sottili lamine metalliche A e B di natura diversa sieno state invariabilmente unite assieme in tutta la loro lunghezza ad una conveniente temperatura, la lamina composta che ne risulta al crescere della temperatura si pieghera in modo che il metallo più dilatabile A e per conseguenza più cresciuto in lunghezza abbracci la convessità dell'altro meno dilatabile e perciò meno cresciuto in lunghezza. Accadrà l'opposto se la temperatura si abbassi. Le lamine così unite appellansi lamine di compensazione, perchè servono a compensare l'irregolarità che le variazioni di temperatura producono nel moto degli orologi.



Fra i termometri costruiti con lamine di compensazione merita di essere ricordato per la sua somma prontezza quello di Breguet. La parte essenziale di questo termometro è un sottilissimo nastro S ravv-



volto a spirale e composto di due laminette una di argento e l'altra di platino, saldate assieme mediante una terza laminetta di oro. L'estremità superiore della spirale è fissata ad un sostegno, e l'estremità inferiore porta un indice orizzontale leggerissimo, la cui punta percorre la circonferenza di un cerchio graduato. L'ineguale dilatazione dell'argento e del platino fa sì che le spire si aprano o si chiudano alquanto all'alzarsi od abbassarsi della temperatura, e l'indice per conseguenza percorra un arco maggiore o minore ora avanzandosi ed ora retrocedendo. Si graduano questi termometri col paragone di un termometro a mercurio.

I termometri metallici si costruiscono anche con un solo filo metallico teso verticalmente fra un punto fisso ed il braccio più corto di una leva mobile. E' chiaro che il braccio più lungo della leva medesima descriverà un arco semprechè il filo si allunghi o si accorci; e se a questo braccio della leva si fissi un lapis che colla punta si appoggi ad una carta mossa regolarmente da un orologio, l'andamento della linea impressa sulla carta indicherà le diverse modificazioni che ha subito la temperatura del filo metallico durante un tempo qualunque.

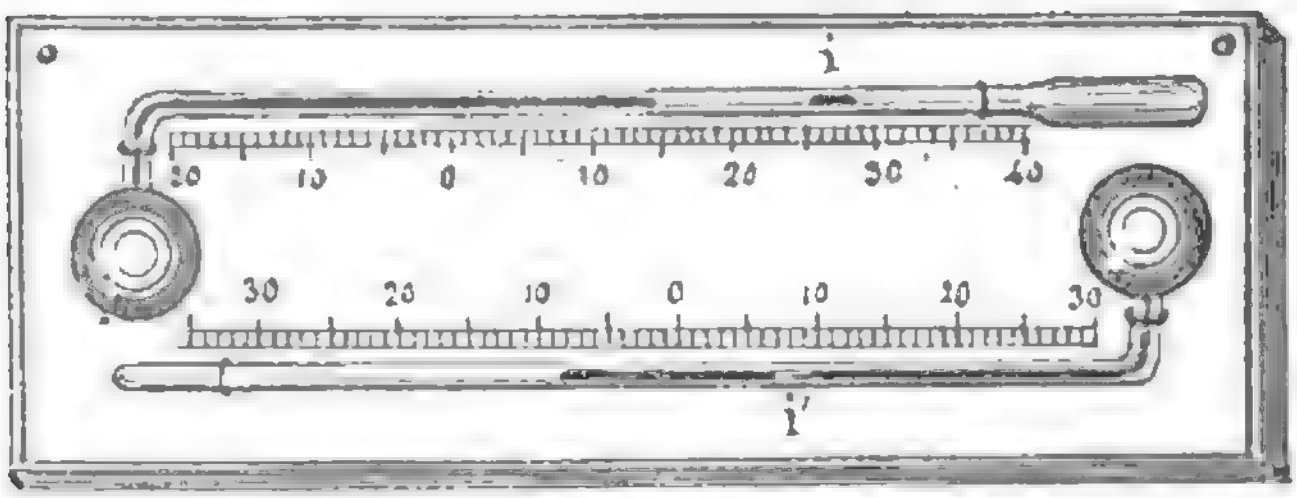
I termometri solidi che servono ad esplorare le altissime temperature si chiamano pirometri. Un pirometro assai usato è quello di Wegdewood fondato sul restringimento che soffrono le argille per il calorico. Il pirometro di Wegdewood consiste in un canale metallico lungo circa 30 centimetri, il qua-

le dall'una all'altra estremità va sempre stringendosi ed è diviso nella sua lunghezza in 240 parti eguali. Per maggior comodità di spazio si suole costruire doppio in modo che l'una estremità B incominci con quella larghezza con cui l'altra A finisce. La differenza fra le due larghezze estreme è circa 3 millimetri, la distanza media è 10^{mm}. Per adoperare questo stramento si prende un piccolo cilindro C d'argilla bianca bene disseccato e di tale diametro che alla temperatura ordinaria si adatti esattamente alla temperatura zero° del canale. Esposto questo cilindro alla temperatura p.e. di una fornace e lasciatolo raffreddare, s'introduce di nuovo nel canale spingendolo su verso la parte più stretta fino a tanto che tocchi le pareti laterali del canale. Il grado a cui si arresta il cilindro indicherà a un dipresso la temperatura della fornace. Dico a un dipresso, poichè le contrazioni a parità di temperatura sono diverse nelle diverse specie di argille, ed anche nella medesima specie non sono sempre uguali per uguali aumenti di temperatura. I gradi del pirometro di Wegdewood si sogliono convertire in centigradi ammettendo che lo zero del pirometro corrisponda a 500°, e che ciascun grado

di questo strumento equivalga a 72° centigradi.

Termometri a massimo e a minimo.

194. Spesso è necessario conoscere quale sia stata la massima e la minima temperatura segnata da un termometro durante un certo intervallo di tempo. Fra i diversi metodi che si sono imaginati per ottenere questo scopo il più semplice è il seguente. Per il massimo di temperatura si prende un termometro a mercurio col tubo orizzontale e con un cilindretto i di ferro o di acciaio che può scorrere nella parte vacua di esso tubo. Allorquando per il calorico il mercurio si dilata spinge esso innanzi il cilindretto nel tubo, e quando esso si ritira lo abbandona in quel luogo ove lo ha recato all'istante della



massima dilatazione. Pel minimo si fa uso di un termometro ad alcool, il cui tubo è pure orizzontale, e contiene un cilindretto scorrevole i' di smalto interamente immerso nell'alcool, il quale viene stra

scinato seco dall'alcool medesimo mentre questo si raffredda e si restringe, e rimane al luogo del massimo restringimento quando l'alcool torna a dilatarsi. Per rimettere gl'indici al luogo loro vale a dire a contatto colle estremità delle colonne liquide si rivolge per un istante quello a mercurio colla bolla all'ingiù e quello ad alcool colla bolla in su in modo che i tubi divengano verticali. I termometri a massimo e a minimo si chiamano anche termometrografi. Negli osservatorî metereologici si adoperano dei termometrografi che a colpo d'occhio fanno conoscere quale sia stata la temperatura in ciascuno istante del giorno. Tale appunto è il termometro a filo metallico descritto di sopra (183).

Conchiudiamo questo articolo coll'osservare che sebene i termometri ci manifestino la temperatura de' corpi non ci possono però indicare la quantità del calorico che è in essi, la quale non è nei corpi in proporzione della temperatura se sono diverse le capacità. Anzi la temperatura stessa che ci viene manifestata dai termometri non ha niente di assoluto poichè lo zero termometrico non è reale ma totalmente arbitrario e di convenzione. Se dunque un termometro in un ambiente segni p.e. 14°, non potremo dire che la temperatura dell'ambiente è doppia di quando il termometro notava 7°; imperocchè se si rappresenti per x° il numero de' gradi compresi fra il zero assoluto e quello di convenzione, le due temperature dell'ambiente si esprimeranno per x°+14° ed x°+7°. Ora la prima di queste quantità non è dop-

pia della seconda se non sia $x^\circ = 0$. In quanto poi al vero valore di x° cioè il numero dei gradi che si comprendono fra il zero assoluto di temperatura e la temperatura del ghiaccio che si fonde, non abbiamo finora che delle ipotesi e forse non arriveremo mai a cognizioni veramente sicure.

Conviene anche osservare che il termometro non mostra la temperatura di un corpo se non in quanto riceve da esso calorico o gliene cede. Fuori dunque dal caso che la massa del corpo di cui si tratta sia molto grande relativamente a quella del termometro, ovvero che il corpo sia mantenuto ad una temperatura costante da una sorgente di calorico, fuori dico di questi casi, il termometro indicherà sempre una temperatura un poco maggiore o minore di quella che aveva il corpo con cui si è messo all equilibrio di temperatura.

Articolo 5.

Della fusione e solidificazione

195. Il passaggio di un corpo solido allo stato liquido può esser prodotto dal solo calorico ed allora si appella fusione, o dall'azione chimica, per lo più aiutata dal calorico, ed in questo caso si chiama soluzione o liquefazione. Se noi eleviamo gra-

datamente la temperatura di un corpo solido, spesso arriva un punto in cui la rarefazione prodotta dal calorico è tale, che l'attrazione molecolare non è più sufficiente a mantenere il corpo allo stato solido. Un nuovo fenomeno allora ci si presenta, e questo è la fusione. Ciò vediamo accadere alle temperature ordinarie nel ghiaccio, a temperature alquanto elevate nella cera, nel solfo, nello stagno &c., e a temperature anche più elevate nell'argento, nel rame, nel ferro &c. Si ammette che „ tutti i solidi potrebbono fondersi se „ in quantità sufficiente ad essi si applicasse il ca„ lorico senza alterarne la natura .„ Questa proposizione si fonda sulla natura del calorico, che è una forza disgregativa, sull'analogia che molti corpi realmente si fondono e sul fatto che tutte le sostanze semplici ad eccezione del solo carbonio si sono fuse, ed il carbonio stesso collocato frai poli di un forte elettromotore ha dato segni non dubbi di rammollimento. Se dunque i marmi, i legni e molte altre sostanze composte non si fondono dobbiamo dire che ciò accade perchè queste sostanze si scompongono a una temperatura più bassa di quella che saria d'uopo alla loro fusione. Difatto il carbonato di calce si è potuto fondere sottomettendolo a una pressione bastevole ad impedire il passaggio dell'acido carbonico allo stato aereo.

La fusione dei corpi è sottomessa alle due leggi seguenti:

„ Un medesimo corpo comincia a fondersi sem

„ pre alla stessa temperatura „.

„ Arrivato che sia un corpo a quella tempera-
„ tura che è necessaria per l'incominciamento
„ della sua fusione, conserva esso invariabilmen-
„ te questa medesima temperatura per tutta la du
„ rata della fusione, qualunque sia la quantità
„ del calorico che gli viene somministrato „.

Ambedue queste leggi ci sono date dall'esperien-za e si possono facilmente verificare sui corpi che si fondono a temperature non molto elevate. Sia un pezzo di ghiaccio stato esposto a freddi artificiali fortissimi, o sia egli sempre rimasto a temperature poco inferiori a quelle a cui si è formato, la temperatura a cui si fonde è sempre la stessa; nè varia al variare della pressione atmosferica o della massa del ghiaccio medesimo, purchè si tratti sempre di ghiaccio purissimo. Cominciata poi la fusione del ghiaccio, la sua temperatura rimane costantemente la stessa per tutto il tempo che si fonde, ossia che la fusione si faccia alla temperatura ordinaria dell'atmosfera, ossia che si faccia al calore dell'acqua bollente o al fuoco di una fornace. Ciò succede perchè non potendo un corpo oltrepassare la temperatura di sua fusione senza fondersi, il calorico che di vantaggio gli viene somministrato s'impiega tutto nella fusione medesima, e si trasforma in calorico di stato (175).

Ecco un saggio delle temperature a cui si fondono, o come suol dirsi del punto di fusione di

alcuni solidi:

Ghiaccio	0°
Sego	33°
Fosforo	44°
Potassio	55°
Stearina	60°
Cera bianca	63°
Sodio	90°
Solfo	110°
Stagno	227°
Bismuto	239°
Piombo	230°
Zinco	360°
Antimonio	430°.

Quanto ai corpi di più difficile fusione è difficile il determinare il punto preciso di loro fusione, mentre alcuni, come l'argento, il rame, l'oro non si fondono che al di sopra del calor rosso; altri, come il cromo, il manganese, il ferro esigono le più alte temperature delle fornaci; altri in fine, come il platino, il rodio, l'iridio si fondono solamente alla fiamma dell'idrogene alimentata dal puro ossigene, o al calore eccitato dalle correnti elettriche.

La fusione di un composto o di una mescolanza non accade a temperatura media fra quelle a cui si fondono i componenti. I metalli ossidandosi sogliono divenire meno fusibili. Per converso molte leghe metalliche si fondono a temperatura più bas

sa di quella a cui si fonde ciascuno de' componenti. Tali fenomeni dipendono manifestamente dalla affinità chimica la quale modifica oltremodo la forza di coesione, forza che deve esser vinta dal calorico onde il corpo prenda lo stato liquido. Su questo principio è appoggiata l'azione dei fondenti, ossia dei corpi che aiutano il calorico nella liquefazione di altri corpi. Così la soda e la potassa agevolano la liquefazione della silice nella formazione del vetro, ed il borato di soda aiuta la liquefazione degli ossidi metallici e di molti altri minerali. L'affinità in questi casi opera come forza opposta a quella di coesione, epperò cospirante colla disgregativa del calorico.

196. La solidificazione è il passaggio dei liquidi allo stato solido. Tutti i liquidi si sono solidificati ad eccezione di alcuni pochissimi, che senza dubbio si solidificherebbero anch'essi se si avesse il modo di raffreddarli bastevolmente.

Le leggi della solidificazione sono analoghe a quelle della fusione, cioè:

1°. „ La solidificazione avviene in generale alla „ temperatura medesima a cui si fonde il solido corrispondente „.

2°. „ Durante la solidificazione la temperatura „ dei liquidi rimane sempre costante „.

La seconda di queste leggi è un corollario dell'innalzamento di temperatura, che accompagna il passaggio dei liquidi allo stato solido (176). Quanto alla prima ognuno vede che non si deve prendere a rigo

re di termini, volendosi con essa unicamente significare, che il punto della liquefazione di una sostanza e.g. il 227° relativamente allo stagno, è il limite fra lo stato solido e lo stato liquido di questo metallo: se per poco la temperatura s'innalzi sopra i 227° lo stagno si fonde; e per converso se la temperatura si abbassi al disotto di questo limite, lo stagno liquido si solidifica. Diciamo poi che la solidificazione accade in generale al punto della fusione, poichè alcuni liquidi, se si lasciano raffreddare lentamente e tranquillamente, si abbassano talvolta parecchi gradi sotto il punto della fusione senza perciò farsi solidi. Ciò si osserva assai di frequente nell'acqua che si conserva liquida a — 3° e a — 4°; anzi preservandola con un poco di olio dall'agitazione dell'aria si può conservare liquida fino a — 12°. Pare che questo ritardo si debba ripetere dall'inerzia delle molecule, ossia dall'impotenza in cui si trovano di prendere quelle posizioni sotto le quali si rende attiva la forza di coesione. Infatto quando la temperatura dell'acqua è sotto 0°, un picciol moto, un tremito leggero comunicato alla massa dell'acqua, un pezzetto di ghiaccio che la tocchi o altro corpicciuolo che in essa cada, bastano a convertirla in ghiaccio. Ma l'inerzia delle molecule non basta a spiegare il ritardo che si osserva nella solidificazione di alcune soluzioni. Un esempio molto singolare, e di cui finora non si è potuto dar ragione ci è offerto dalla soluzione di solfato di soda, saturata a caldo e mantenuta fro-

ri del contatto dell'aria (176). Questa soluzione non si solidifica ancorchè si agiti il vaso che la contiene, o si capovolga, o si pongano in vibrazione le sue pareti; ma solamente quando viene a contatto dell'aria o di qualche corpo che sia stato per alcun tempo a contatto dell'aria.

197. Nella maggior parte de' liquidi si osserva che scemano di volume nel congelarsi; ed è ciò molto naturale, essendo manifesto che le molecule non possono prendere lo stato solido, se non scemano le distanze che le separano. Ma vi sono alcuni liquidi i quali nel solidificarsi crescono di volume. L'acqua convertendosi in ghiaccio si dilata di circa $\frac{1}{12}$ del suo volume a zero; e per questa ragione il ghiaccio galleggia sulla superficie delle acque dei fiumi, dei laghi, e molto più dei mari, le cui acque hanno un peso specifico maggiore delle acque dolci. Una siffatta dilatazione dell'acqua si opera con una forza quasi irresistibile, d'onde nasce la rottura di quei vasi anche metallici ove l'acqua viene a gelare senza avere sufficiente spazio da potersi dilatare. Per questa dilatazione sogliono molte volte soffrir danno i vegetali quando dopo una temperatura mite, che abbia promosso la circolazione della linfa, la quale è composta principalmente di acqua, sopravviene un freddo che facendola gelare rompe i vasi destinati a contenerla. Gli stessi minerali talora ne soffrono: alcune pietre venendo sopraggiunte dal gelo mentre sono bagnate, si sfogliano; ed altre in cui l'acqua siera infiltrata profondamente si spezzano. Questo aumen-

to di volume dell'acqua è in parte cagionato dal l'acqua che teneva in soluzione, la quale abbando nata dall'acqua nell'atto che questa si gela non potendo fuggire si raccoglie in piccole bolle e cana- letti che rendono il ghiaccio molto poroso ed opaco. Ma ciò non basta a spiegare del tutto il fenomeno, giacchè anche il ghiaccio somministrato dall'ac- qua distillata e priva di aria, ha sempre un volu me maggiore dell'acqua che lo produsse. Pare che i cristallini elementari o molecule integranti del ghiaccio si dispongano l'una relativamente all'al- tra in maniera da lasciare fra loro degl'interstizî bastevolmente grandi per compensare con vantag gio la diminuzione di densità necessaria ad avvenire nel formarsi le molecule integranti.

Il ferro, il bismuto, l'antimonio ed alcuni altri cor pi si comportano come l'acqua, cioè crescono in vo- lume quando dopo la fusione tornano a solidificar si. In generale si vede che aumentano di volume quei corpi i quali nel congelarsi prendono una strut tura cristallina analoga a quella dell'acqua.

Articolo 6°.

Della evaporazione ed ebollizione

198. Il passaggio di un corpo allo stato ae-

reo chiamasi in generale volatizzazione. La volatizzazione considerata nei solidi si appella sublimazione, e nei liquidi evaporazione. Si distinguono due specie di evaporazione: una vien detta evaporazione lenta, o semplicemente evaporazione, l'altra ebollizione.

L'evaporazione è quel lento passaggio allo stato aereo che succede alla superficie libera dei liquidi, allorché la forza espansiva del calorico ha vinto in essi l'attrazione molecolare. Tutti i liquidi a più o meno elevata temperatura cominciano ad evaporare, ma non si può precisamente definire quale sia per ciascun liquido questa temperatura. Alcuni come l'acqua, l'alcool, l'etere solforico &c. evaporano a tutte le temperature ordinarie dell'atmosfera; altri come il mercurio, l'acido solforico &c. non evaporano che a temperature alquanto elevate.

In generale però si osserva che i diversi liquidi nelle medesime circostanze non evaporano colla medesima prontezza. Se si collocano in più vasi perfettamente uguali degli uguali volumi(1) di acqua, di alcool, di etere solforico, &c., e quindi si espongono all'aria, si trova dopo qualche tempo che l'etere è tutto evaporato, che l'alcool è molto diminuito, che qualche cosa ha perduto anche l'acqua, ma molto meno dell'alcool; il mercurio poi non dà segno di diminuzione se non dopo un tempo assai lungo.

---

(1) Aggiungasi „ di mercurio „.

L'evaporazione essendo un effetto del calorico è manifesto che deve crescere al crescere della temperatura, ed ognuno sa che i corpi umidi si asciugano più presto nell'estate che nell'inverno, e che accostando al fuoco un panno bagnato questo prontamente si asciuga. Per altro si osservi che rimanendo costante la temperatura di una superficie liquida, a parità di altre circostanze, l'evaporazione non cresce o diminuisce qualunque sia la variazione cui vada soggetta la temperatura dell'aria ambiente; epperò che la temperatura influente nell'evaporazione è quella che ha il liquido alla sua superficie, non l'aria sovrastante al liquido la quale, se non scalda questo, non influisce nell'evaporazione.

199. Oltre la temperatura del liquido le cause che possono accelerare l'evaporazione sono:

1°. La rarezza dell'aria sovrapposta.

2°. La secchezza dell'aria medesima.

3°. La sua agitazione.

4°. La superficie del liquido evaporante.

Che la rarezza dell'aria debba agevolare l'evaporazione facilmente s'intende, se si rifletta che le molecule staccate dalla superficie liquida non potendo rimuovere quelle dell'aria (giacchè nella lenta evaporazione la pressione atmosferica supera la forza espansiva del vapore) ma solamente insinuarsi fra mezzo ad esse; tanto più facilmente le molecule di vapore si potranno mescolare a quelle dell'aria, quanto sarà minore la densità di questa. Ne abbiamo una prova nella congelazione dell'acqua sotto la cam

pana della macchina pneumatica (177), ove si vede es
sere oltremodo grande l'evaporazione nell'aria rarefat
ta di molto ossia nel vuoto pneumatico. Ma sebbene
la rarezza dell'aria renda piu' rapida l'evaporazione,
la quantita' di vapore che si puo' contenere in uno
spazio determinato e' la stessa o sia questo spazio vuo
to o contenga dell'aria comunque condensata. La
differenza e' solo nel tempo che si richiede molto mag
giore per saturare di vapore uno spazio quanto piu'
densa e' l'aria che lo riempie.

In quanto alla secchezza noi veggiamo che quan
do l'aria e' carica d'umidita' o di vapore acqueo
difficilmente i corpi umidi possono disseccarsi ed u-
na piccola massa di acqua puo' rimanere lunghis-
simo tempo senza asciugarsi. All'opposto se l'aria
e' secca, l'acqua evapora prontamente ed i corpi ba-
gnati in breve tempo si asciugano. L'evaporazione
dell'acqua e' dunque maggiore nell'aria secca che
nell'umida. Ma quando diciamo che l'evaporazione
e' maggiore nell'aria secca intendiamo della evapo-
razione efficace cioe' non compensata dal vapore
dell'aria che precipita sul liquido evaporante. In al
tri termini, se l'aria contiene gia' una certa quanti-
ta' di vapore p. e. di acqua, e' da credere che l'acqua
sottoposta evapori come se l'aria fosse secca, ma
che questa nello stesso tempo ceda all'acqua una
porzione del suo vapore; e se l'aria e' satura di u-
midita' anche in questo caso si deve credere che l'a
qua sottoposta evapori, ma il vapore che l'acqua e-
mette sara' uguale a quello che riceve dall'aria, ep

però la massa dell'acqua non mostrerà la menoma diminuzione. Inoltre si vuole avvertire che la secchezza non si ha da intendere assolutamente, ma relativamente al liquido che evapora; poichè l'esperienza insegna che il vapore di una sostanza non si oppone all'evaporazione di un'altra, se non nel modo che fa l'aria assolutamente asciutta. Così p. e. l'alcool evapora egualmente bene nell'aria satura di vapor d'acqua che nell'aria secca ed un volume di aria si può saturare di un numero grande di vapori che non abbiano azione chimica l'uno sull'altro.

L'agitazione favorisce l'evaporazione ma solo indirettamente, in quanto trasporta lontano dalla superficie del corpo evaporante quell'aria che è già molto impregnata del suo vapore e che difficilmente ne potrebbe ricevere del nuovo, facendone invece sottentrare dell'altra che d'ordinario ne contien meno e che può accoglierne una maggiore quantità. Si è osservato che i venti rendono talvolta l'evaporazione cinque e fino a dieci volte maggiore che non suol essere ad aria tranquilla. E nell'estate l'aria agitata ci rinfresca non solamente col portare a contatto della cute una massa di aria più fredda della cute medesima, ma eziandio promovendo l'evaporazione del sudore col rinnovamento dell'aria stessa.

In fine l'evaporazione è evidentemente aiutata anche dalla maggiore ampiezza della superficie evaporante, la quale accresce i punti da cui succe-

de l'emissione del vapore. Perciò evapora abbondantemente l'acqua quando è contenuta in un vaso che presenta all'aria una grande superficie, ed i panni bagnati più prontamente si asciugano essendo distesi che piegati a più doppi. La quantità poi del vapore emesso in un dato tempo trattandosi di piccole superficie è nella precisa ragione delle superficie medesime, cioè doppia, tripla quadrupla secondochè la superficie è doppia, tripla quadrupla. Ma quando si tratti di superficie molto grandi come di stagni o di laghi questa proporzionalità non regge più a rigore di termini; per motivo che l'aria umida che abbandona una porzione della superficie evaporante viene in parte a collocarsi sull'altra.

200. Allorchè la forza espansiva del vapore emesso da un liquido giunge a vincere la pressione dell'atmosfera e quella che ciascuno strato liquido soffre dagli strati che gli sono sovrapposti, la formazione del vapore non è più superficiale e tranquilla, ma si effettua anche nelle parti sottoposte alla superficie, con movimento intestino di tutta la massa liquida e produzione di bolle, onde il fenomeno prende il nome di ebollizione. E' dunque l'ebollizione quel rapido passaggio allo stato aereo, che succede nei diversi strati di una massa liquida quando la forza espansiva del vapore ha superato la pressione dell'atmosfera e del liquido sovrastante. Esaminando questo fenomeno nell'acqua sotto la pressione atmosferica di $0^m,76$, noi osserviamo

mo primieramente che quando l'acqua è alquanto riscaldata cominciano a svolgersi sul fondo del vaso e presso le pareti delle bollicine di aria che era sciolta nell' acqua e che in forza del calorico riprende lo stato elastico. Salita poi la temperatura dell'acqua fin presso i 75° si ode una specie di fremito detto canto dell' acqua, che consiste in una serie di piccole detonazioni prodotte dalle bolle di vapore che si formano sul fondo del vaso, ove la temperatura è più elevata, ed appena cominciano a salire sono distrutte dal liquido soprastante non ancor bastevolmente riscaldato. Crescendo la temperatura dell'acqua, le suddette bolle si elevano a maggiore altezza, ed arrivata l'acqua ai 100°, le bolle salgono fino alla superficie e si rompono a contatto dell'aria. A questo punto comincia l'ebollizione, e la temperatura dell'acqua che si era andata sempre innalzando si ferma, ne' sale più per qualunque quantità di calorico le venga comunicato.

Tutto ciò si osserva a un dipresso nell'ebollizione anche degli altri liquidi che bollendo non soffrono chimiche alterazioni; vi è soltanto la differenza che ciascun liquido ha il suo proprio punto di ebollizione cioè il grado di temperatura a cui comincia a bollire; e ciò perchè sono assai diverse le temperature a cui i diversi vapori acquistano una forza espansiva uguale alla pressione atmosferica. Ecco le temperature di ebollizione di alcuni liquidi sotto la pressione atmosferica di $0^m,76$.

—

48.

Acido solforoso	— 10°
Etere cloroidrico	+11°
Etere solforico	37°
Solfuro di carbonio	45°
Bromo	47°
Alcool anidro	78°,4
Essenza di trementina	150°
Olio di lino	316°
Acido solforico	325°
Mercurio	350°

Ciascuna poi di queste temperature rimane costante per tutto il tempo che dura l'ebollizione, qualunque sia il riscaldamento del liquido; e ciò perchè la quantità di vapore che si forma, e per conseguenza la quantità di calorico che diviene latente (177) crescono del pari o diminuiscono a misura che cresce o diminuisce il riscaldamento del liquido.

201. Le cagioni che alterano il punto di ebollizione di un liquido sono:

1°. La pressione a cui il liquido è sottomesso,

2°. Le sostanze eterogenee che sono ad esso commiste mescolate,

3°. La natura del recipiente che lo contiene.

„ Il punto di ebollizione di un liquido si abbassa o si innalza in ragione che diminuisce o cresce la pressione atmosferica „. La ragione di tali differenze sta in questo che quando è debole la pressione atmosferica basta per superarla una debole

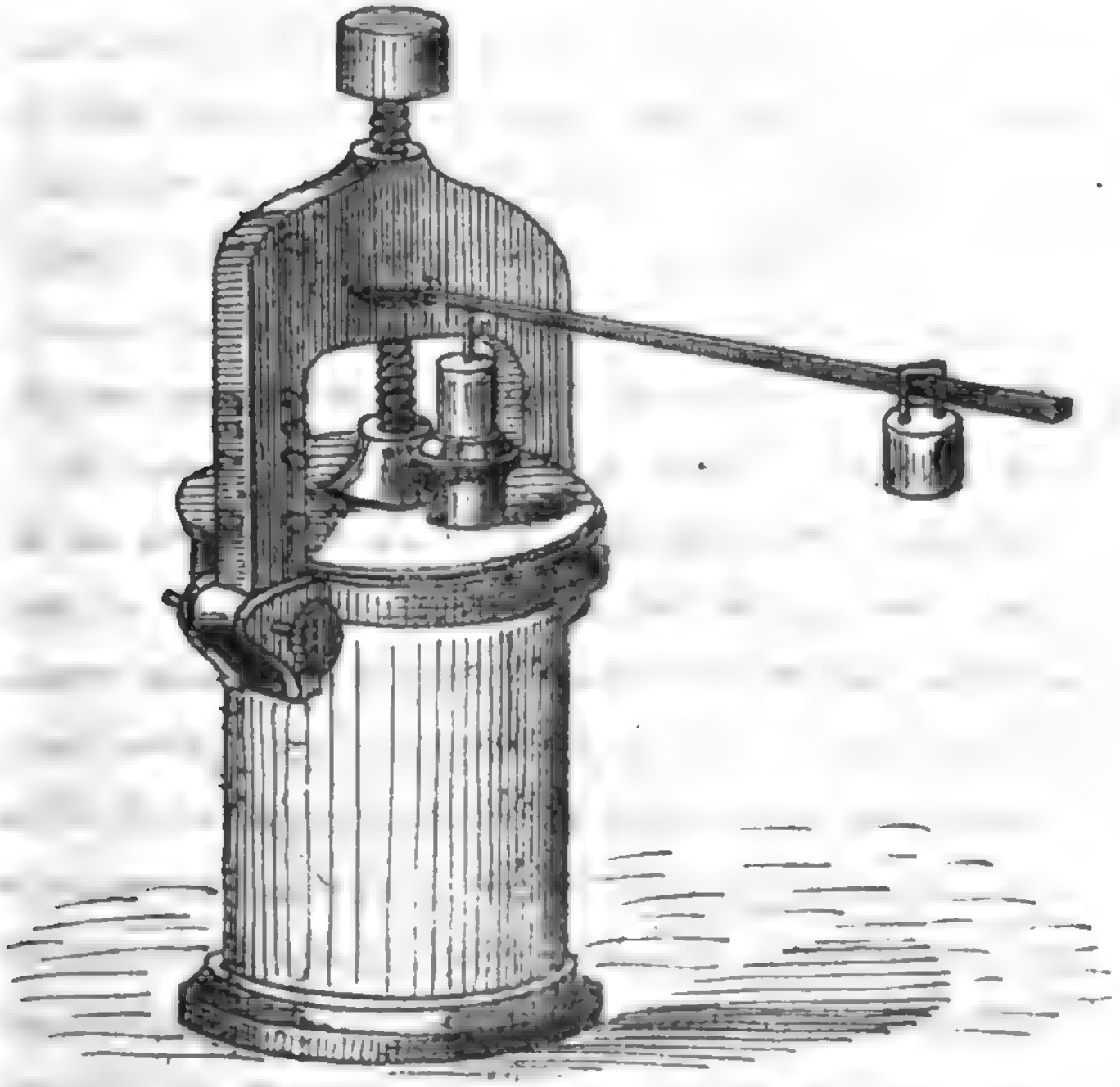
forza espansiva e quindi una temperatura non mol
to elevata; all'opposto quando la pressione e grande
fa d'uopo per poterla vincere una grande forza espan
siva eppero' una piu' elevata temperatura. Riguardo
all'acqua si trova che quando la pressione atmo-
sferica e' vicina ai 76 centimetri di mercurio, ogni
centimetro di cui ella cresca o scemi fa variare la
temperatura della sua ebollizione di mezzo grado
circa. Da cio' segue che nelle alte montagne ed in
generale nei luoghi molto elevati l'acqua bolle a tem
peratura piu' bassa che nei luoghi meno elevati. A
Santa-Fè di Bogota p.c. ove si e' all'altezza di
2260 metri sopra il livello del mare, l'acqua bolle
a 91°, e sulla cima del Monte Bianco la cui altezza
e' 4775 metri e dove la pressione atmosferica suol
esser soltanto di 417 millimetri di mercurio l'ac
qua bolle a soli 84°. Di queste differenze conviene
tener conto nella graduazione de' termometri.

Se sotto la campana della macchina pneuma-
tica s'introduca un vasello di acqua un poco ri-
scaldata, dopo alcuni colpi di stantuffo si vede che
l'acqua per la diminuita pressione comincia a bol
lire con gran veemenza. Ma l'ebollizione presto si
arresta perche' il vapore che si forma sotto la cam-
pana fa le veci dell'aria che ne fu espulsa. Se
con nuovi colpi di stantuffo si rarefaccia questo
vapore l'acqua torna di nuovo a bollire, e se la
pressione si potesse ridurre a soli 5 millimetri,
l'acqua bollirebbe anche a 0°. Cio' pero' non si otti-
ne colle macchine pneumatiche ordinarie a motivo

del vapore che incessantemente si riproduce sotto la campana.

La grande influenza che esercita la pressione sulla temperatura dell'ebollizione ci viene anche mostrata da quest'altra esperienza. Si empia per metà di acqua una palla A di vetro sormontata da un cannello, e per mezzo dell'ebollizione discacciata tutta l'aria dalla palla, si chiuda ermeticamente il cannello. Quindi si rovesci lo strumento colla palla all'insù, e quando l'acqua è giunta alla temperatura dell'ambiente, vi si collochi sopra un pezzo di ghiaccio, ovvero vi si versi dell'acqua molto fredda; al momento mieclestimo l'acqua della palla comincia fortemente a bollire. Il ghiaccio o l'acqua fredda fanno passare a stato liquido una parte del vapore contenuto nella palla, e così la pressione che esso esercitava sul liquido diminuisce per modo che l'acqua bolle anche alla temperatura ordinaria. Succede tutto il contrario se la palla invece si riscaldi: l'acqua (e così pure qualunque altro liquido che vi fosse chiuso ermeticamente) in essa contenuta non bolle, sebbene la sua temperatura cresca di molto sopra i 100°; non conviene però spingere il riscaldamento troppo oltre pel grave pericolo di esplosione cui si andrebbe incontro. Il non bollire dell'acqua in questa esperienza è un

effetto della pressione sempre maggiore che esercita sull'acqua medesima il sovrapposto vapore, la cui densità e forza espansiva crescono colla temperatura; e siccome l'acqua non può perdere il calorico che il vapore uscendo gli toglierebbe, così la sua temperatura deve poter crescere fino anche a mettersi in equilibrio colla sorgente calorifica. Su questo principio è fondato il così detto digestore di Papin. È



un vaso metallico ben robusto e chiuso da un coperchio a tenuta di aria. Esposto il vaso al fuoco, l'acqua in esso contenuta non bolle, ma si riscalda a segno che non pure estrae la gelatina dalle ossa e

e da altre sostanze animali, ma fonde stagno, piombo ed altri metalli più refrattarî.

Queste esperienze sembrano mostrare che un corpo si manterrebbe allo stato liquido a qualunque temperatura, anche nel caso che il suo volume fosse molto minore della capacità del recipiente che lo contiene. Ma i fatti hanno provato che lo stato liquido, almeno in alcuni corpi, ha un limite di temperatura, oltrepassato il quale, il corpo prende ad un tratto lo stato aereo non ostante qualunque pressione, purchè lo spazio lasciato al liquido da espandersi non sia piccolissimo. Introdotta dell'acqua, dell'alcool, dell'etere in un forte tubo di vetro e cacciatone l'aria per mezzo dell'ebollizione, si chiuda il tubo a punta di fiamma e poi si riscaldi; arriva finalmente un punto in cui il liquido sparisce del tutto trasformandosi in vapore il cui volume non supera di molto il volume del liquido. Per tale maniera si è trovato che l'etere solforico alla temperatura di 200° si riduce totalmente in vapore in uno spazio meno che doppio del suo volume primitivo ed allora esercita sul tubo che lo contiene una pressione di 38 atmosfere. L'acqua poi per ridursi completamente in vapore esige una temperatura poco diversa da quella della fusione del zinco, ed il suo vapore occupa uno spazio presso a poco quadruplo di quello che occupava il liquido. Queste sperienze riescono difficili e pericolose per la frequente rottura dei tubi; ciònonostante si è potuto osservare che l'alcool ridotto completamente in vapore esercita l'enorme

pressione di 119 atmosfere entro uno spazio alquanto minore del triplo volume che aveva allo stato liquido.

202. „ Le sostanze chimicamente mescolate ad un liquido se sono meno volatili del liquido medesimo ritardano il suo punto di ebollizione „. Così p. e. se nell'acqua stillata che bolle ai 100° si scioglie un qualche sale, l'ebollizione sarà ritardata, e tanto più quanto maggiore è la quantità del sale che vi si è sciolta. Nasce questo ritardo dall'affinità chimica che si congiunge colla forza di coesione ad impedire or più or meno il passaggio delle molecule allo stato aereo. Ecco il punto di ebollizione delle soluzioni sature dei sali seguenti

Cloruro di sodio	109°
Cloroidrato di ammoniaca	114°
Nitrato di potassa	116°
Acetato di soda	125°
Carbonato di potassa	140°
Nitrato di calce	151°
Cloruro di calcio	179°.

Se poi le sostanze chimicamente mescolate al liquido sieno più volatili del liquido medesimo, il punto di ebollizione suol essere accelerato, ed il vapore che si forma è sovente un semplice miscuglio meccanico de' vapori dei due liquidi in diverse proporzioni. Così l'alcool accelera l'ebollizione dell'acqua, e l'acqua quella dell'acido solforico. In ambedue i casi

però i vapori sono meccanicamente mescolati, benchè i liquidi fossero chimicamente uniti, e, tranne poche anomalie, predomina quello della sostanza più volatile; di maniera che ricondensando questo miscuglio di vapori si ottiene un liquido in cui la sostanza più volatile si trova in dose maggiore di prima, il che costituisce il processo della distillazione, per mezzo di cui si separano fino ad un certo segno l'una dall'altra le sostanze diversamente volatili.

L'aria sciolta nei liquidi produce l'effetto di una sostanza molto volatile, cioè favorisce l'ebollizione. Difatto l'aria che ha già bollito una volta ed è però privata in gran parte di aria, se non abbia poi avuto il tempo sufficiente a riassorbirla non torna più a bollire che a temperatura di parecchi gradi superiore al punto dell'ordinaria ebollizione. Non diremo però che l'aria naturalmente sciolta nei liquidi ne acceleri il punto di ebollizione, giacchè questi punti si sono determinati senza prima togliere l'aria dai liquidi che la soglono contenere.

Il punto di ebollizione di un liquido non si cangia pei corpi che vi sono meccanicamente mescolati, come sarebbero le fine particelle di vetro o di metallo relativamente all'acqua. Possono però questi corpi impedire che la temperatura del liquido si alzi al disopra del punto di sua ebollizione. Così p. e. l'acqua sebbene priva di aria può bollire a 100° se vi si propagano dentro dei pezzetti di pomice, della limatura metallica o altre sostanze che non

avendo affinità per l'acqua aiutano il calorico a disgregare le molecule liquide.

203. La natura del recipiente influisce sull'ebollizione nel modo stesso che fanno le sostanze non volatili mescolate ai liquidi; cioè produce un ritardo sempreché l'affinità del recipiente verso il liquido cospira colla coesione delle molecule liquide. L'acqua p. e. bolle più presto in un vaso metallico che in uno di vetro con cui ha maggiore affinità. La differenza può essere di oltre ad un grado. E se il vaso di vetro abbia servito a contenere dell'acido solforico, della potassa, o altra sostanza dotata di forte affinità per l'acqua, questa non vi bolle che a temperatura cinque o sei gradi più elevata, sebbene il vaso di vetro sia stato più volte lavato prima di porvi l'acqua a bollire.

Tutto ciò che si è detto dell'aumento che soffre la temperatura di un liquido bollente per le sostanze che sono ad esso chimicamente mescolate o per la natura del recipiente che lo contiene, non si deve estendere alla temperatura del vapore che viene emesso dal liquido stesso. Le più accurate esperienze sembrano anzi mostrare che la temperatura del vapore emanante dall'acqua bollente dipende solo dalla pressione atmosferica, e non cresce per l'affinità delle sostanze solubili o per l'azione del recipiente. Il certo si è che a pari pressione atmosferica la temperatura di un termometro immerso nel vapore di una qualunque soluzione che bolle è del tutto uguale alla temperatura del vapore emesso

nell' ebollizione dell' acqua stillata. Per dare una qualche ragione di questo fatto che sembra strano, si può dire che il vapore, uscendo dalla soluzione con forza espansiva maggiore dell' attuale pressione dell' atmosfera, subisca una rarefazione e quindi un raffreddamento proporzionale all' eccesso della forza espansiva che possedeva.

Segue da ciò che a segnare nei termometri il limite superiore non è necessario che l'acqua sia stillata ed il recipiente metallico, purchè si avverta d'immergere il termometro da graduarsi non nell'acqua bollente, ma nel vapore che da essa viene emanato.

Articolo 7.°

Degli effetti della temperatura sui vapori

204. „ Tutti i vapori si liquefanno per abbassamento di temperatura „. Da questo fatto ebbe origine la distinzione dei fluidi aerei in permanenti o gas, e non permanenti o vapori. Orapoi che la maggior parte dei gas con artificiali raffreddamenti si sono liquefatti, invece di dire che i vapori sono fluidi aerei non permanenti ed i gas permanenti, diremo che „ i vapori sono fluidi „ aerei che hanno il punto di liquefazione entro

„ i' limiti delle ordinarie temperature dell'atmosfera,
„ ed i' gas sono fluidi aerei che hanno il punto di
„ liquefazione a temperatura più o meno inferiore
„ alle temperature ordinarie dell'atmosfera„. Del resto come non vi è' differenza essenziale fra i' vapori ed i' gas, cosi' quel corpo che nel nostro pianeta è' gas, puo' esser vapore in un altro e viceversa. Se p. e. supponiamo che la temperatura di un pianeta non scenda mai al disotto di 11° il vapore dell'etere cloroidrico sarà un gas; ed all'opposto sarà un vapore il gas cloro se la temperatura del pianeta naturalmente si abbassi al di sotto dei -70°.

Alcuni vapori prendendo per raffreddamento lo stato aereo, se sieno in mezzo all'aria e non tocchino corpi solidi o liquidi, non si condensano subito in masse che cadono a terra, ma in globetti opachi che restano sospesi in aria. Cio' accade talora al vapore di' alcool, di' mercurio, e spessissimo a quello di acqua, che cosi' condensato dicesi' vapore visibile o vescicolare, e che in sostanza non è' che acqua liquida in istato di' estrema divisione, e come tale bagna i' corpi' e puo' sussistere in un dato spazio in quantità ben maggiore che allo stato aereo o di' vapore propriamente detto. L'epiteto vescicolare trae la sua origine dall'ipotesi' adottata da molti fisici, che quei globetti a guisa di vescichette o palloncini sieno vuoti di materia ponderabile o pieni solo di qualche leggerissimo fluido aereo assai rarefatto. Checchè sia di questa ipotesi il certo è che il vapore vescicolare non mai si for-

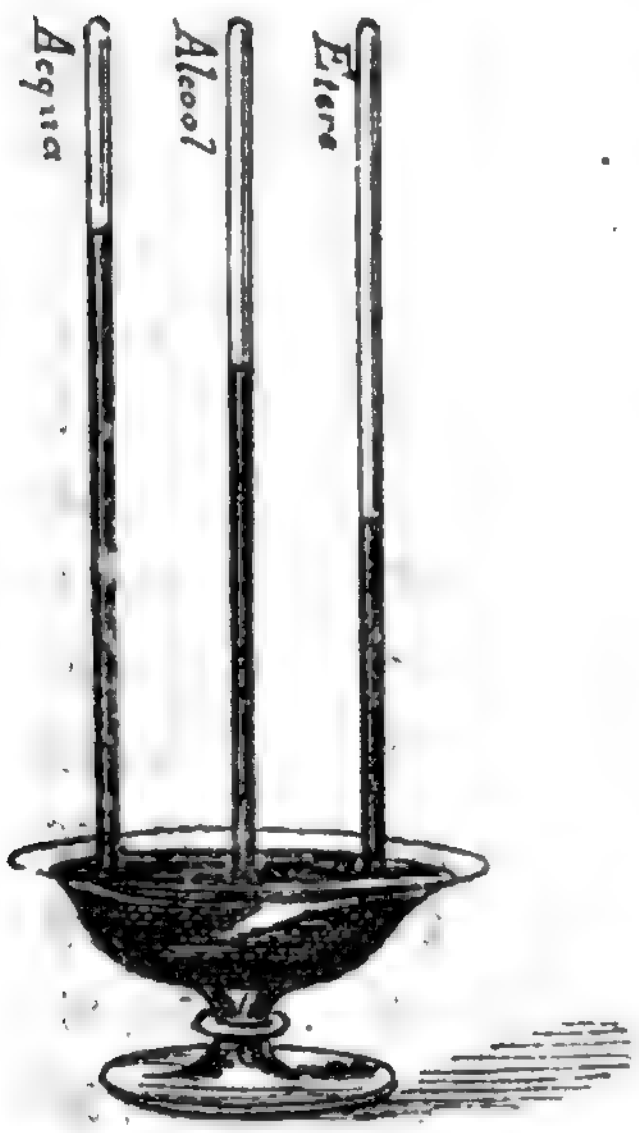
ma ove non e' aria, la quale interponendosi fra quei globetti gl' impedisce di riunirsi.

Il vapore vescicolare e' quello che forma la nebbia, le nubi, e che sembra uscir fuori dall'acqua fortemente riscaldata. Dico sembra perche' il vapore che esce dall'acqua e' aereo ed invisibile, ma lo spazio in cui entra essendo spesso saturo di vapore aeriforme, questo precipita in parte e si forma il vapore vescicolare. Dicasi lo stesso dell'alito che nel l'inverno diviene visibile a motivo che l'aria freda saturandosi facilmente di vapore aeriforme, il vapor d'acqua che espiriamo si condensa e prende la forma vescicolare. All' incontro nell'estate sembra talvolta che fumi il ghiaccio o altro corpo freddo: è il vapore abbondante nell'aria calda che in vicinanza del corpo freddo perde il calorico necessario allo stato elastico e si condensa.

Alle volte pero' il vapore di acqua (e lo stesso dicasi degli altri vapori) ancorche' non si trovi a contatto di altri corpi solidi o liquidi, se e' colto da repentino raffreddamento prende immediatamente lo stato di masse liquide incapaci di rimanere sospese nell'aria; anzi talora si solidifica senza neppure passare, almeno sensibilmente, per lo stato liquido. Questo fatto vale a spiegare le piogge e le nevi che in alcuni luoghi sono cadute e cadono a cielo sereno.

205. „ La forza espansiva dei vapori cresce e „ diminuisce in ragione diretta della temperatura „ . Per provare questo fatto si riempie di

mercurio una canna da barometro aggiungendovi una piccola quantità di etere solforico che ricuopra il mercurio, quindi si capovolga in una vaschetta piena pure di mercurio; si vedrà che una parte dell'etere asceso fino alla sommità del mercurio si convertirà in vapore e che questo colla sua forza espansiva farà deprimere la colonna del mercurio tanto più quanto più elevata sarà la temperatura dell'ambiente. Lo stesso fanno l'alcool, l'acqua e qualunque altro liquido volatile alla temperatura ordinaria. — Paragonando fra loro le depressioni prodotte nel mercurio dai diversi vapori, si osserva che alla medesima temperatura non sono uguali, ma il vapore di etere la produce maggiore del vapore di alcool, e questo maggiore del vapore di acqua; dunque „ i vapori „ dei diversi liquidi alla „ medesima temperatura non hanno la stessa „ forza espansiva „: come si poteva anche inferir da ciò che ciascun liquido ha il suo proprio punto di ebollizione, ossia il punto in cui la forza espansiva del suo vapore uguaglia la pressione atmosferica.



Allorché si tratta di esprimere numericamente la

forza espansiva o tensione di un vapore ad una data temperatura, il vapore si considera sempre al massimo di densità, vale a dire alla densità che ha in uno spazio mantenuto saturo di esso vapore; e ciò perchè, rimanendo saturo lo spazio, la densità del vapore e per conseguenza la sua tensione non può variare altrimenti che variando la temperatura. Nella tavola seguente si vedono espresse in millimetri di mercurio le tensioni del vapor d'acqua da −4° fino a 35°.

Temperat.°	Tensione	Temperat.°	Tensione
− 4°	3 , 27	13°	11 , 16
3°	3 , 55	14°	11 , 91
2°	3 , 88	15°	12 , 70
1°	4 , 22	16°	13 , 54
0°	4 , 60	17°	14 , 42
+ 1°	4 , 94	18°	15 , 36
2°	5 , 30	19°	16 , 35
3°	5 , 69	20°	17 , 39
4°	6 , 10	21°	18 , 49
5°	6 , 53	22°	19 , 66
6°	7 , 00	23°	20 , 89
7°	7 , 49	24°	22 , 18
8°	8 , 02	25°	23 , 55
9°	8 , 57	26°	24 , 99
10°	9 , 16	27°	26 , 50
11°	9 , 79	28°	28 , 10
12°	10 , 46	29°	29 , 78

Temperatura	Tensione	Temperatu.	Tensione
=	=	=	=
30°	31,55	33°	37,41
31°	33,41	34°	39,56
32°	35,36	35°	41,83

206. *Per le temperature superiori a 100° la forza espansiva del vapore si determina facendo bollire l'acqua sotto pressioni che vadano crescendo gradatamente, ed osservando il punto in cui comincia l'ebollizione. Questo metodo è fondato sul principio che l'ebollizione di un liquido allora appunto succede quando la forza del vapore ha vinto la pressione cui è sottoposto. Ecco la tavola che ci dà M. Regnault ove le tensioni del vapore acqueo sono espresse in atmosfere.*

Temperat.	Atmosfere	Temperat.	Atmosfere
=	=	=	=
120,6	2	195,5	14
133,9	3	198,8	15
144,0	4	201,9	16
152,2	5	204,9	17
159,2	6	207,7	18
165,3	7	210,4	19
170,8	8	213,0	20
175,8	9	215,5	21
180,3	10	217,9	22
184,5	11	220,3	23
188,4	12	222,5	24
192,1	13	224,7	25

Temperat. — 226,8 Atmosfere 26 .

Si vede da questa tavola che la forza espansiva del vapore cresce con una legge molto più rapida che non é quella dei gas ; ne' deve ciò far meraviglia poichè la tensione del vapore in uno spazio che si mantien sempre scarico di esso , cresce per due cagioni, e per l'aumento della temperatura e per l'aumento della densità . Si calcola che ai 445° il vapore di acqua avrebbe l'enorme tensione di 500, ed ai 517° di 1000 atmosfere.

Riguardo ai vapori delle altre sostanze si tiene che „ le loro forze espansive sieno in tutti le stesse ad eguale distanza dai punti di ebollizione dei liquidi che li producono „ . Basta dunque che si conoscano le tensioni del vapore di acqua per determinare quelle di un altro vapore qualunque . Se p.e. si voglia sapere la tensione del vapore di etere solforico ai 125°, si osserverà che 125° supera di 88° il punto di ebollizione dell' etere solforico che è ai 37°, epperò che la tensione del suo vapore ai 125° sarà uguale a quella del vapore di acqua ai 188°, ossia di quasi 12 atmosfere. Ma non e' da tacere che vi sono dei dubbi sull'esattezza di questa relazione, anzi é molto probabile che a grandi distanze dal punto di ebollizione ella si allontani notabilmente dal vero.

207. Dopo ciò che si è detto dell'enorme forza che acquistano i vapori sottomessi all'azione del calorico, sembrerà strano che i liquidi esposti alle più energiche sorgenti calorifiche possano talora mante-

nersi a temperatura inferiore alla loro ebollizione. Se si versi dell'acqua in un crogiuolo d'argento o di platino incandescente, il liquido lentamente evapora senza bollire finchè dura l'incandescenza, ma abbassata la temperatura del metallo sotto il rosso si produce una viva ebollizione, e l'acqua è prontamente dispersa in vapore. Si dice che l'acqua in quella circostanza ha preso lo stato sferoidale perchè se la quantità d'acqua che si fa cadere sul crogiuolo candente sia solo di qualche grammo, si vede il liquido conformarsi in un globulo alquanto schiacciato che rapidamente si aggira sul fondo del vaso senza bollire. Tutti i liquidi possono prendere lo stato sferoidale, ma si esige perciò una temperatura tanto più elevata quanto più elevato è il punto di ebollizione del liquido. Anche prima che si facessero queste esperienze era noto a' vetrai e fonditori che cadendo dell'acqua sul vetro, sul ferro, sul rame, sull'argento fusi il liquido scema di mole a poco a poco e svanisce senza il menomo strepito; laddove se l'acqua viene a cadere sul piombo o sullo stagno parimenti fusi, ma che si fondono a meno elevata temperatura, accade l'esplosione del metallo e la subita ebollizione del liquido. Sembra che questi fenomeni debbano attribuirsi alla mancanza di contatto fra i liquidi ed i solidi incandescenti, mancanza che può esser cagionata dalla forza espansiva del vapore interposto, di maniera che i liquidi in tali circostanze non abbiano a riscaldarsi altrimenti che per raggiamento. Che in realtà man-

chi' il contatto fra i solidi ed i liquidi incandescenti si dimostra collocando una candela nella direzione di una lamina di platino arroventata su cui siasi fatta cadere un poco di acqua colorata in nero: la fiamma apparisce distintamente fra il globulo di acqua ed il platino. A dimostrare cio' stesso vale anche un fatto che si e' dimostrato piu' volte nei generatori ossia nelle caldaie destinate alla evaporazione dell'acqua nelle macchine a vapore. Allorche' le pareti di un generatore per troppa gagliardia di fuoco arrivano ad arroventarsi, se si apre l'uscita all'acqua non e' possibile che questa esca, sebbene sia premuta fortemente dal vapore, ma cessato appena l'arroventamento esce con impeto.

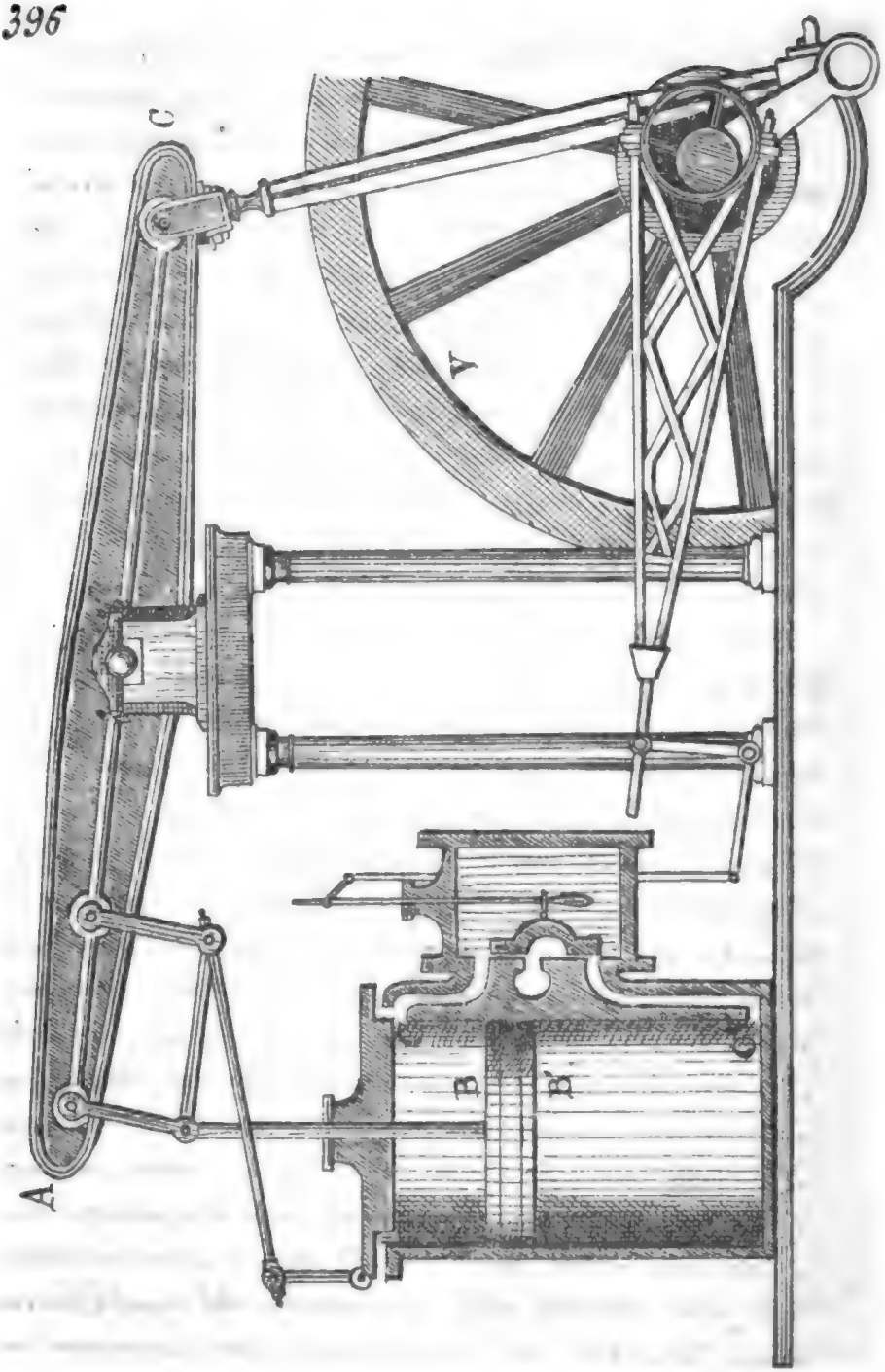
Con questi principii si puo' agevolmente spiegare quel sorprendente fenomeno dell'agghiacciarsi dell'acqua in un crogiuolo di platino infuocato, conosciuto sotto il nome di calefazione dell'acido solforoso. Si ottiene cosi' fatto agghiacciamento col versare a goccia a goccia in un crogiuolo di platino riscaldato al rosso una certa quantita' di acido solforoso anidro, ed aggiungendovi poscia qualche goccia di acqua che tosto gela. L'acido solforoso prende nel crogiuolo lo stato sferoidale, e vi si conserva per qualche tempo a temperatura inferiore alla sua ebollizione epperò inferiore a $-10°$, onde l'acqua che in virtù della sua affinità per l'acido solforoso si unisce a questo gli cede tanto calorico che gela.

208. Resta ora che vediamo le modificazioni che subisce la forza espansiva di un vapore allorche' lo spa-

zio in cui s'introduce è occupato da qualche gas o dal medesimo vapore a diversa temperatura.

L'esperienza mostra che un vapore mescolandosi ad un gas, su cui non ha azione chimica e che è rinchiuso in uno spazio inestensibile, conserva la forza espansiva che aveva per modo che „ la tota- „ le forza espansiva del miscuglio eguaglia la som „ ma delle forze espansive particolari dei fluidi „ commisti „. La ragione è perchè una quantità di vapore necessaria a saturare uno spazio ad una certa temperatura è la stessa tanto se lo spazio è vuoto quanto se contiene altre sostanze aeriformi che non hanno chimica affinità con quel vapore.

Che se lo spazio in cui s'introduce il vapore sia già saturo del medesimo vapore a diversa temperatura, come accade quando si fanno comunicare as sieme in uno spazio chiuso i vapori emananti da due vasi di acqua diversamente calda, in questo ca so una parte del vapore precipita a stato liquido fino a tanto che la tensione del miscuglio sia precisamen te quella che aveva prima della mescolanza il vapore meno caldo. Possiamo adunque ammettere il princi- pio, che „ quando due vasi comunicanti fra loro „ e che contengono il medesimo vapore a grado disa „ turazione hanno diversa temperatura, la tensione „ del vapore è la stessa in ambedue i vasi, ed è ap „ punto quella che corrisponde alla temperatura „ del vaso meno caldo „. Di questo principio si trae gran partito nelle applicazioni del vapore, come apparirà subito dal rapido cenno che passiamo a


C
A
B
B'
A

dare delle macchine a vapore, cioè di quelle macchine in cui la forza motrice è il vapore.

209. Per formarsi un'idea dell'uso del vapore come forza motrice, basta concepire un cilindro vuoto o corpo di tromba munito di uno stantuffo, le cui basi BB' mediante due condotti C,C' vengono alternativamente messe in comunicazione col vapore chiuso in una caldaia. Ognuno vede che la forza espansiva del vapore farà salire e scendere lo stantuffo, e che questo movimento come di altalena trasformato mediante un bilanciere AC ad un volano V in moto rotatorio continuo, sarà capace di vincere una resistenza tanto maggiore quanto maggiore è la superficie dello stantuffo e la tensione del vapore. Supponiamo per un esempio che la tensione del vapore sia di quattro atmosfere e il diametro dello stantuffo di 80 centimetri. Essendo (69) $1^k,033$ la pressione di un'atmosfera sopra un centimetro quadrato di superficie, la pressione totale sofferta dallo stantuffo sarà $3,1416.40^2.1,033.4$ ossia di kil. 20169,14. Adunque l'asta dello stantuffo potrà vincere la resistenza di oltre a 20 tonnellate.

Nelle macchine a vapore locomotive l'asta dello stantuffo agisce immediatamente sulle ruote, le quali per l'attrito che soffrono dalle sottoposte rotaie sono costrette a svilupparsi non altrimenti che se fossero dentate e ingranassero nelle rotaie medesime; donde risulta il movimento di traslazione di tutta la locomotiva. La velocità di questo movimento dipende dalla frequenza dei colpi dello stantuffo e dal diametro del

le ruote motrici. Per ciascuna doppia corsa dello stantuffo le ruote motrici fanno un giro, e la locomotiva si avanza di tutto lo sviluppo delle ruote, ossia di una intera circonferenza, a meno che non avvenga qualche strisciamento come accade quando la locomotiva deve strascinare un convoglio che offre una resistenza maggiore dell'attrito ossia dell'aderenza delle ruote alle rotaie. Nelle macchine più comunemente usate la corsa dello stantuffo è di 45 centimetri, e la periferia delle ruote motrici di 4m,40; epperò ad ogni doppia corsa dello stantuffo la locomotiva farà un cammino di 4m,40. Per avere dunque la velocità di 47 kilometri all'ora conviene che lo stantuffo faccia tre doppie corse per ogni minuto secondo.

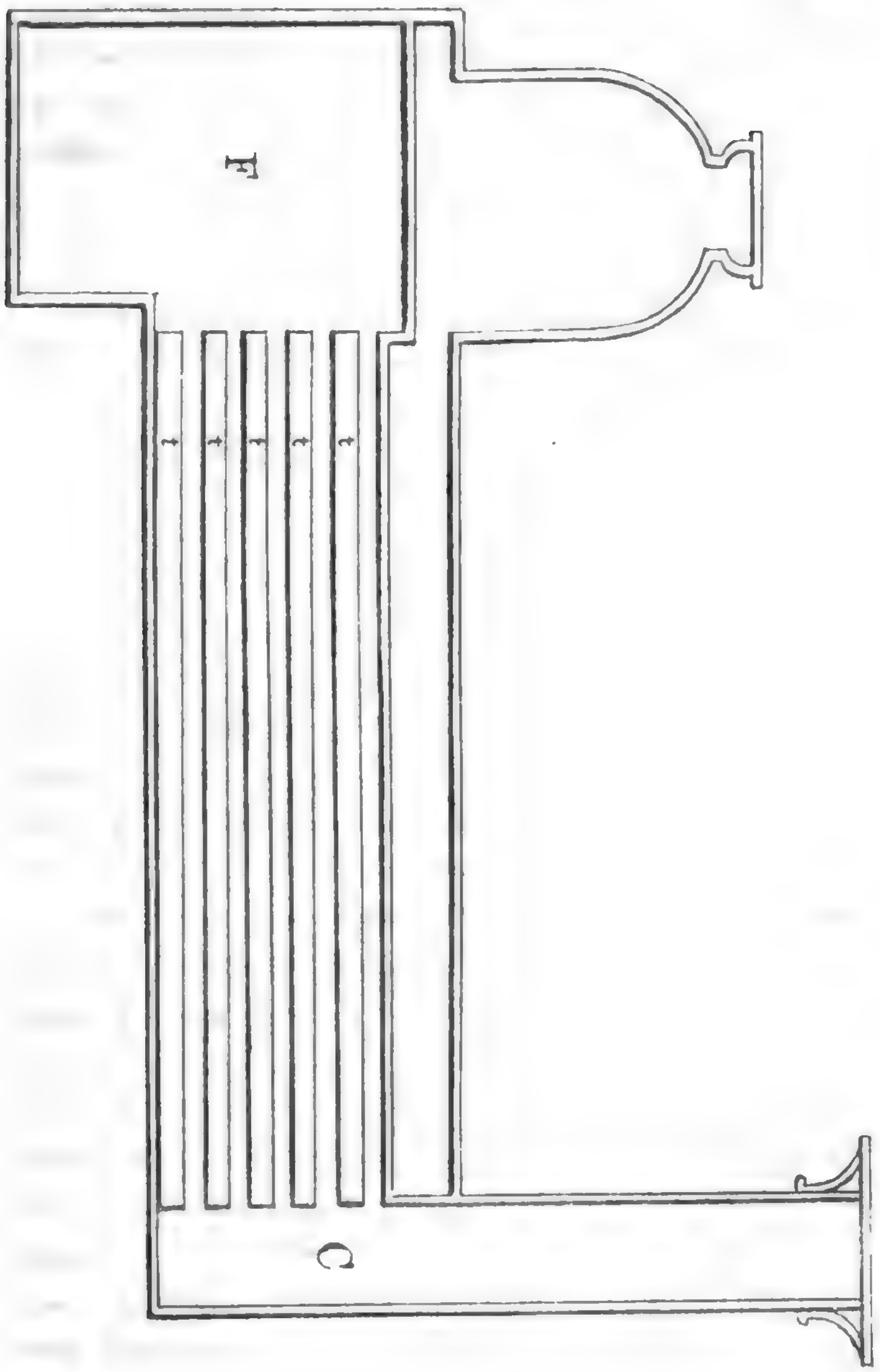
Le macchine a vapore si dicono ad **alta pressione** quando la forza del vapore supera le 4 atmosfere, ed a **bassa pressione**, quando la forza del vapore non è superiore ad un'atmosfera ed un quarto. Se la forza del vapore è compresa fra questi due limiti le macchine a vapore si dicono a **media pressione**. Nelle macchine specialmente a bassa pressione, il movimento dello stantuffo soffrirebbe un grande ostacolo se mentre il vapore viene a comprimerlo da una parte, si trovasse dall'altra dell'aria o del vapore che colla loro forza espansiva si opporrebbero all'azione della forza motrice. A questo inconveniente si rimedia mediante un apparato che dicesi **condensatore**. Consiste il condensatore in un recipiente vuoto di aria e pieno in parte di acqua che si mantiene sempre ad una temperatura poco elevata. Quando il vapore della cal-

daia entra nella parte superiore del cilindro, l'inferiore si fa comunicare col condensatore, e viceversa; per tale artifizio l'aria o il vapore che si trova dalla parte dello stantuffo opposta a quella per cui entra il vapore dovendo perdere (208) quasi intieramente la sua forza espansiva non puo' fare notabile contrasto al vapore che viene nel cilindro per muovere lo stantuffo. Le macchine provviste di condensatore (come necessariamente debbono essere tutte quelle nelle quali la tensione del vapore non supera che di pochissimo una atmosfera) si dicono a condensazione.

Ad aumentare gli effetti utili delle macchine a vapore oltre le macchine a condensazione hanno contribuito molto anche quelle dette ad espansione. Si chiamano ad espansione le macchine nelle quali la comunicazione fra il cilindro e la caldaia e' interrotta prima che lo stantuffo abbia compiuta l'intera sua corsa, cioe' sia giunto a toccare una base del cilindro. Cio' fu fatto da prima a solo oggetto d'impedire l'urto troppo gagliardo dello stantuffo contro le basi del cilindro, ma non si tardo' molto ad avvertire che ne conseguivano dei vantaggi molto piu' considerevoli. Poniamo infatti che l'entrata del vapore si arresti allorche' lo stantuffo e' nel mezzo della sua corsa. E' chiaro che in questo caso il vapore non produrra' tanto effetto quanto ne produrrebbe se continuasse ad entrare nel cilindro durante tutta la corsa dello stantuffo: ma è chiaro altresi' che la quantita' di vapore e per conseguenza di combustibile consumato nel secondo caso sara' doppia che nel pri-

mo, mentre l'effetto utile che si produce in questo su pera la metà dell'effetto utile che si produrrebbe in quello, poichè il vapore entrato nel cilindro, durante la metà della corsa dilatandosi prosiegue a spingere lo stantuffo e per conseguenza a produrre un effetto utile. Interrompendo la entrata del vapore ad un terzo o ad un quarto della corsa dello stantuffo, si ottiene un effetto utile anche maggiore, e l'esperienza ha dimostrato che se l'interruzione del vapore si faccia a un decimo di corsa dello stantuffo, l'effetto utile può essere più che triplo di quello si avrebbe colla stessa quantità di vapore quando questo entrasse nel cilindro per tutta la corsa dello stantuffo.

Ma l'invenzione del condensatore e delle macchine ad espansione non bastavano in molti casi a rendere utili le applicazioni del vapore; era però necessario trovare il mezzo di scaldare una massa di acqua per modo che potesse durare molto tempo a somministrare continuamente una grande quantità di vapore dotato di gran forza espansiva. A tale necessità hanno soddisfatto completamente le caldaie tubulate. Le caldaie tubulate differiscono essenzialmente dalle altre per un sistema di tubi metallici t, t, t, ..., che partendo dalla camera del fuoco F si estendono per tutto l'interno della caldaia, e vanno a terminare nel camino C, d'onde escono i prodotti della combustione. Ciascuno di questi tubi, che sogliono essere in numero non minore di 100 e del diametro di 4 in 5 centimetri è circondato dall'acqua della caldaia ed attraversato dalla



51.

fiamma che la corrente d'aria tira verso il camino. Con siffatta disposizione a parità di volume si accresce di molto la superficie dell'acqua che riceve immediatamente il calore dal fuoco, e per conseguenza la quantità di vapore che si produce. Senza le caldaie tubulate saremmo forse ancora privi dei vantaggi delle strade ferrate.

210. Quanto ai pericoli di esplosione che porta seco l'uso del vapore come forza motrice, questi sono diminuiti assai da che si è imparato a conoscere le cagioni che d'ordinario li producono. Si credeva da principio che le esplosioni succedessero unicamente per difetto di solidità nelle caldaie, ma i fatti hanno provato che non è questa nè l'unica nè l'ordinaria causa di siffatti disastri. La causa più comune delle esplosioni è una repentina formazione di una grande quantità di vapore, che accade sempreché l'acqua contenuta nella caldaia viene a contatto di alcune parti della caldaia medesima che sieno state accidentalmente scaldate di troppo; e ciò per due motivi. Primieramente perché l'istantaneo sviluppo di una grande quantità di vapore dotato di gran forza espansiva produce un aumento di pressione capace di vincere qualunque resistenza; ed in secondo luogo perché il raffreddamento subitaneo della porzione di caldaia fortemente scaldata determina nella struttura molecolare della medesima una modificazione che la rende più facile a cedere alle pressioni. Finché tutte le parti della caldaia che ricevono immediatamente l'azione del fuo

co sono bagnate dall'acqua un siffatto riscaldamen to parziale non può succedere, epperò a questo pèrico lo di esplosione si rimedia col fare si che il livello del l'acqua nella caldaia rimanga sempre costante e su peri alcun poco il limite fin dove arriva la fiamma a circolare.

Analogo al precedente è un altro pericolo d'esplosione originato dal deposito che lasciano le acque non distilla te nell'evaporare. Crescendo a poco a poco questo de posito arriva talora a produrre una solida incrosta zione aderente alle pareti della caldaia per modo da impedire il contatto dell'acqua colla caldaia stessa. In questo stato di cose, attesa la poca facoltà conduttrice della crosta salina, le pareti della caldaia si po tranno scaldare fin anco alla roventezza, e se in forza del calorico o di altro la crosta salina si screpoli e distacchi saremo nuovamente al caso dell'acqua che viene a toccare le pareti della caldaia là ove sono for temente scaldate. A togliere questo pericolo basta rinet tare spesso la caldaia ed alimentarla con acqua pu ra più impura che sia possibile. Talora, specialmente nei viaggi di mare, di tempo in tempo si rinnova par zialmente l'acqua della caldaia onde non possa mai saturarsi de' sali che tiene sciolti, ovvero si mescola no all'acqua delle sostanze, che impedendo al depo sito d'indurire lo mantengono allo stato polverulen to.

Le esplosioni possono anche accadere per un troppo grande e repentino abbassamento di pressione sull'ac qua della caldaia. Se p. e. l'acqua della caldaia è

ai 144°, e per la subita uscita di un'abbondante quantità di vapore la pressione interna sia ridotta a due o anche ad una sola atmosfera, non solamente avverrà una rapidissima ebollizione dell'acqua, ma il liquido spinto fuori del suo livello ordinario sarà gettato impetuosamente contro le pareti della caldaia ed è facile il veder le conseguenze che ne deriverebbero; conseguenze che si evitano col non permettere mai al vapore di uscir dalla caldaia in tale quantità da abbassare notabilmente la pressione sull'acqua(1).

Le esplosioni delle caldaie a vapore sono per lo più accompagnate da effetti meccanici straordinarî come sarebbe l'essere lanciate delle masse di gran peso a distanza enorme. E' difficile il dare ragione di questi effetti se unicamente si considera il vapore esistente nella caldaia al momento della esplosione. Ma conviene osservare che l'acqua contenuta nella caldaia a una temperatura di molto superiore ai 100°, venendo tutto a un tratto alleggerita della pressione del vapore deve entrare in piena ebollizione ed in pochi istanti prendere in gran parte lo stato aereo. A questo vapore che si forma nel momento stesso della esplosione sembrano princi-

---

(1). E' per questo motivo che le dimensioni delle valvole di sicurezza non sono arbitrarie, ma debbono essere in proporzione colla quantità e tensione del vapore contenuto nella caldaia. Una valvula troppo grande in cambio di essere un apparato di sicurezza può divenire la causa dell'esplosione.

palmente dovuti gli effetti meccanici che l'accompagnano.

Possono finalmente provenire l'esplosioni da riscaldamento universale cioè dal lento e progressivo aumento della temperatura di tutta la caldaia. Ed è ben chiaro che se la temperatura della caldaia va sempre crescendo deve certamente arrivare un punto in cui la forza espansiva del vapore superera' la resistenza che gli oppongono le pareti della caldaia. Ma questo pericolo è sufficientemente allontanato dagli apparati che si appellano di sicurezza, e sono i manometri e termometri, che ad ogni istante fanno conoscere la tensione e temperatura del vapore contenuto nella caldaia; i galleggianti regolatori del fuoco, che moderano l'attività della combustione; e le valvule che si aprono a dare sfogo al vapore molto prima che la sua forza espansiva sia giunta ad uguagliare la resistenza che gli possono opporre le pareti della caldaia.

L'unità di misura adottata per esprimere in numeri la forza delle macchine a vapore si chiama cavallo-vapore o semplicemente cavallo, ed è la forza necessaria per sollevare 75 kilogrammi all'altezza di un metro in un minuto secondo. Dopo ciò è facile ridurre in cavalli la forza di una macchina allorchè si conosce il lavoro che ella produce in un tempo qualunque. Supposto p. e. che questo lavoro sia di sollevare un peso di 45 kilogrammi all'altezza di 36 kilometri in un'ora. In un secondo il lavoro sarà 3600 volte minore, ossia di $45^{kil.}$ a 10^{m}

di altezza che è quanto dire di 450^{kil} ad un metro di altezza. Questa macchina è dunque capace di elevare sei volte 75 kilogrammi ad un metro di altezza in un secondo, e però si dirà che ha la forza di sei cavalli. In generale posto che p rappresenti il peso sollevato dalla macchina, m il numero dei metri che il peso percorre in un secondo, il lavoro sarà espresso da pm, e chiamato C il numero dei cavalli necessarî a compiere questo lavoro si avrà

$$C = \frac{pm}{75} \quad ;$$

laonde conoscinte due delle quantità C, p, m, si potrà sempre trovare la terza.

Articolo 8.°

Del vapore di acque esistente nell'aria

---

211. *Che nell'aria si trovi sempre del vapore di acqua allo stato aeriforme o di vapore invisibile ce lo mostrano le sostanze dotate di grande affinità per l'acqua, come il cloruro di calcio, l'acido solforico, la potassa &c., che esposte all'aria in qualunque luogo o tempo sempre crescono in peso per il*

vapore acqueo che assorbono e condensano. La sorgente di questo vapore e' la grande evaporazione del mare, delle acque continentali e dei corpi umidi che sono alla superficie della terra, e sebbene usoni ne precipiti in rugiada, pioggia, neve e grandine, pure essendo continua la causa che lo produce sempre ne resta una certa quantità nell'atmosfera. Ne' questo vapore diminuisce sensibilmente la trasparenza dell'aria; solo rende le grandi masse di aria meno azzurre e ne scema un poco il peso, imperocchè il peso di una massa di aria secca sta al peso di una egual massa di vapore acqueo nella proporzione di 1 : 0,62.

212. Il rapporto fra la quantità di vapore che l'aria contiene e la quantità che ne dovrebbe contenere alla stessa temperatura per essere compiutamente satura è ciò che dicesi umidità o stato igrometrico dell'aria. L'umidità dell'aria dipende da due circostanze, vale a dire dalla quantità assoluta di vapore che contiene sotto un dato volume e dalla temperatura.

Quanto alla prima circostanza, si dice in un dato volume e non già in una massa data, poichè un certo spazio alla medesima temperatura è sempre capace di una medesima quantità di vapore, qualunque sia la densità dell'aria che può essere in tale spazio (199). E' poi manifesto che a parità di temperatura quanto maggiore è la quantità di vapore che si contiene in un volume di aria, tanto maggiore deve essere l'umidità dell'aria medesima.

In conseguenza di ciò se una massa d'aria vaporosa viene a dilatarsi senza cangiare di temperatura diverrà meno umida, ed all'incontro se viene a restringersi, parimenti senza cangiare di temperatura, diventerà più umida, giacchè anche il vapore in essa contenuto si farà più raro nel primo caso e più denso nel secondo.

Ma la capacità di uno spazio per il vapore cresce di molto crescendo la temperatura, epperò quanto questa è più elevata, tanto meno, a pari quantità di vapore, umida è l'aria che si contiene in quello spazio. Di qui è che nell'estate la medesima aria che all'aperto è secca diviene umidissima entrando in un luogo sotterraneo o toccando un corpo freddo. Per converso nell'inverno l'aria che all'aperto è umidissima si rende molto secca quando entra in camere riscaldate od in luoghi sotterranei.

213. Si è già indicato che alcune sostanze assorbono il vapore di acqua qualunque sia lo stato igrometrico dell'aria: queste sostanze valgono a disseccare del tutto uno spazio chiuso; e coll'aumento del loro peso ci fanno conoscere che nei nostri climi la quantità dell'acqua contenuta nell'aria presso la superficie della terra varia dai sei ai dodici grammi per ogni metro cubico. Nei luoghi elevati questa quantità è molto minore, ma nei luoghi bassi e bagnati dalle acque arriva fino a più di 20 grammi. Le altre sostanze che hanno pure affinità per l'acqua, ma non sì forte da superar sempre il potere evaporante di questo liquido, alle volte

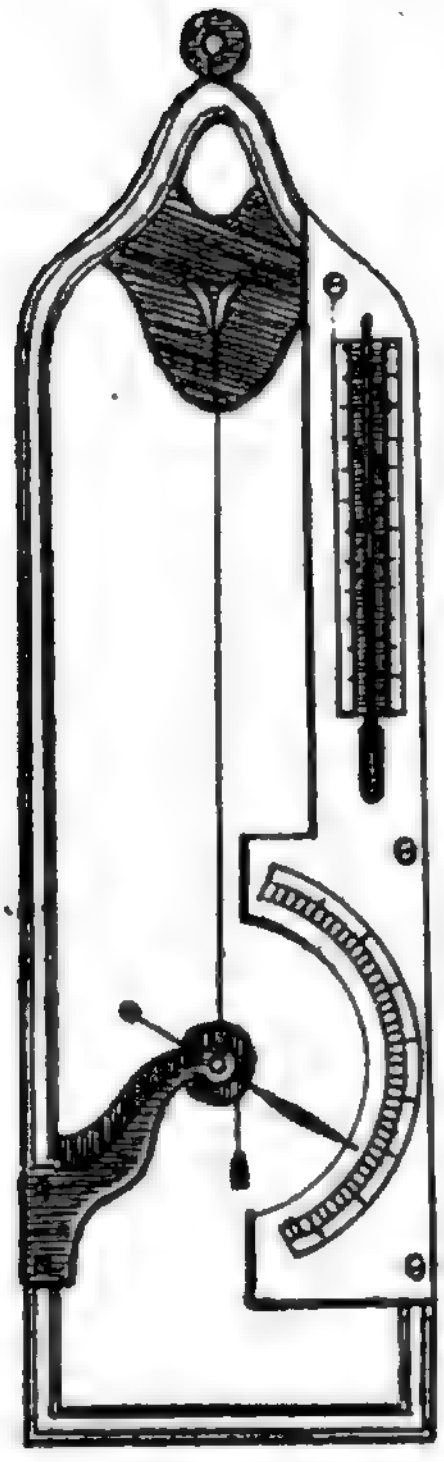
assorbono il vapore acqueo ed alle volte invece lo emettono, secondo il diverso rapporto che passa fra lo stato igrometrico dell'aria ed il potere evaporante dell'acqua, modificato dall'affinità che senton per l'acqua quelle sostanze. Così vediamo che quando l'aria è molto umida i corpi vegetabili fibrosi come sarebbero i legni e le funi s'ingrossano (1), i cuoi pelli si allungano, la carta e le membrane animali si distendono in tutti i sensi, molti sali vanno in deliquescenza &c. &c. Tutto al contrario accade se l'aria è molto secca, perchè in tal caso queste sostanze cedono all'aria per evaporazione una parte dell'acqua che contengono. Le sostanze che soffrono dei cangiamenti collo stare esposte all'aria, si appellano igroscopiche od igrometriche. Non tutte le sostanze igrometriche assorbono il vapore nè lo

---

(1) L'accorciamento che si osserva nelle funi per effetto dell'umidità dell'aria è una conseguenza necessaria dell'ingrossamento delle fibre elementari che compongono le funi medesime. Perciocchè essendo nella fune ciascuna di queste fibre ravvolta a spirale e dovendo nei tempi umidi abbracciare co' suoi giri una massa divenuta più grossa, è d'uopo che ella ravvicini le sue estremità; a quella guisa che un filo metallico fatto avvolgere di un medesimo numero di giri prima attorno un cilindro di minore diametro, e poi attorno ad un altro di diametro maggiore, si deve naturalmente estendere sul secondo per una minore lunghezza che sul primo.

ro superficie come fa il vetro.

214. Le alterazioni che il vapore di acqua produce nei corpi igroscopici sono un mezzo per conoscere la maggiore o minore umidità dell'aria, ed agli strumenti che si sono per ciò imaginati si dà il nome d' igrometri. Fra questi uno de' più usati è quello detto a capello perchè formato di un capello fatto bollire in una leggera soluzione alcalina per toglierli l'untuosità che lo renderebbe difficile ad assorbire il vapore. Si attacca questo capello da una estremità ad un punto fisso e dall'altra si avvolge ad una rotella munita di un indice e si tiene teso con un piccolo peso pendente da un filo avvolto alla rotella medesima.



L'umido allunga il capello, fa girare la rotella e camminare l'indice sopra un arco graduato; il secco la fa muovere in direzione contraria. Per graduare lo strumento si colloca sotto una campana in cui l'aria sia satura di umidità e si nota 100° nel punto ove si arresta l'indice. Quindi si trasporta sotto un' altra campana calda ed asciutta ove sia della potassa disseccata al fuoco, e si segna 0° nel punto in cui si ferma l'indice. L'intervallo fra questi due punti si divi

de in 100 parti uguali. L'igrometro a capello ha il pregio di una grande prontezza nelle sue indicazioni; esso è altresì costante segnando il medesimo grado di umidità quando è messo nelle medesime circostanze di quantità di vapore e di temperatura; infine i diversi igrometri a capello costruiti nel medesimo modo segnano tutti nelle medesime circostanze prossimamente lo stesso grado. Ma gli igrometri costruiti con diverse specie di capelli o con la medesima specie ma preparati con processi diversi, possono presentare delle differenze assai grandi nelle loro indicazioni. Oltre di che questi igrometri, come tutti gli altri fondati sullo stesso principio, non indicano immediatamente lo stato igrometrico dell'aria. Difatti accurate esperienze instituite da Gay-Lussac alla temperatura di 10° dimostrano che quando p. e. l'igrometro a capello nota 20° l'aria non ha 0,2; ma 0,09 del vapore che avrebbe a 100°, e quando segna 50° l'aria non contiene la metà, ma solamente 0,28 del vapore rispondente a 100°. Se dunque si vuole conoscere mediante l'indicazione dell'igrometro a capello la quantità relativa di vapore contenuto nell'aria, bisogna prima con esperienze dirette determinare le relazioni che alle diverse temperature esistono fra i gradi dell'igrometro e lo stato igrometrico dell'aria. Siffatte relazioni sono state in più modi determinate, ma è inutile l'indicarle, mentre abbiamo altri metodi più facili ed accurati per conoscere lo stato igrometrico dell'aria.

215. *Uno di questi metodi è fondato sul principio che „ la quantità di vapore esistente nell'aria ad „ una certa temperatura è proporzionale alla tensio- „ ne del vapore medesimo. Ammesso questo principio come conseguenza della legge di Mariotte si potrà anche dire che „ lo stato igrometrico dell'aria „ è il rapporto fra la tensione del vapore in essa- „ contenuto e la tensione di quello che vi si conter- „ rebbe se alla medesima temperatura fosse satu- „ ra di vapore „ ; o, ciò che torna lo stesso, se rappresenti f la tensione del vapore dell'aria alla temperatura t, F la tensione del vapore di acqua al massimo di densità corrispondente alla stessa temperatura t, ed u l'umidità o stato igrometrico dell'aria, si avrà*

$$u = \frac{f}{F} .$$

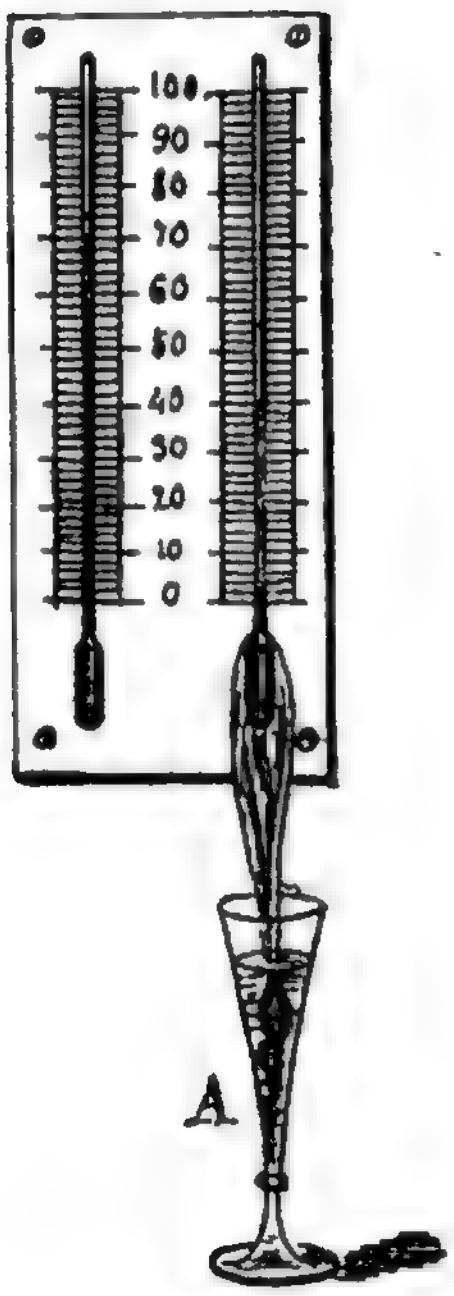
Il valore di F si ha dalla tavola riportata di sopra (205); onde tutto si riduce a trovare f. Per ottenere questo valore si prende un vaso con dell'acqua fredda e recatolo sul luogo di cui si vuol misurare l'umidità si osserva se esteriormente si appanni. Quando ciò non avvenga, si raffredda l'acqua maggiormente col porvi dentro a poco a poco del ghiaccio o qualche altra sostanza che la raffreddi, e si osserva attentamente la temperatura del vaso nell'istante in cui comincia ad appannarsi, temperatura che porta il nome di punto della rugiada. Questo raffreddamento prodotto nell'aria circostante al vaso non altera punto la tensione del vapore, poi-

che' quanto diminuisce in esso la temperatura, altrettanto cresce la densità; dunque la tensione che ha il vapore ridotto così al massimo di densità è la stessa che aveva prima del raffreddamento; epperò " il valore di f ci è dato dalla tensione corri- " sponderte al punto della rugiada ". Supponiamo p. e. che la temperatura dell'aria sia 19° e che l'appannamento incominci ai 6°. Dalla tavola delle tensioni del vapore acqueo abbiamo per le tensioni corrispondenti ai 19° ed ai 6° i numeri 16, 35 e 7,00; dunque

$$u = \frac{7,00}{16,35} = 0,428 ;$$

ossia l'aria nel momento dell'osservazione contiene circa 43 centesimi del vapore di acqua che conterrebbe se fosse allo stato di saturazione. Non ci tratterremo a descrivere i diversi apparati che si sono immaginati per determinare il punto della rugiada detti perciò igrometri a condensazione. Tutti questi igrometri hanno l'inconveniente di non prestarsi comodamente ad una serie di osservazioni regolari; di esigere molte cautele nell'essere adoperati; onde e' che invece degli igrometri a condensazione nelle osservazioni metereologiche si sogliono usare quelli fondati sul raffreddamento che produce l'evaporazione chiamati psicrometri, o misuratori del freddo.

Il psicrometro e' costruito con due termometri gemelli cioè perfettamente simili, e fissati su di un medesimo telaio assai vicini l'uno all'altro. Il bulbo di uno di questi termometri è scoperto, men



tre il bulbo dell'altro è coperto di un pannolino mantenuto sempre bagnato dall'acqua contenuta in un vasello A, ove pesca l'estremità del pannolino medesimo. La differenza che si osserva nell'indicazione dei due termometri direttamente non mostra che il freddo prodotto dall'evaporazione dell'acqua, ma il freddo in questo caso essendo proporzionale all'evaporazione, e questa essendo in ragione inversa della quantità di vapore che ad una data temperatura e pressione atmosferica si trova nell'aria (199); è manifesto che dall'abbassamento osservato nel termometro bagnato si può dedurre la quantità di vapore contenuto nell'aria e lo stato igrometrico di questa. Senza entrare nella teoria alquanto complicata del psicrometro, basterà indicare che in pratica, se il termometro bagnato è sopra 0° si può adottare per la forza espansiva f del vapore esistente nell'aria la formola

$$f = f' - 0{,}000804\,(t - t')\,h\ ,$$

in cui t denota la temperatura del termometro asciutto, t' quella del termometro bagnato, h l'altezza barometrica in millimetri ed f' la tensione del vapore

corrispondente alla temperatura del termometro bagnato, quale si ha dalla tavola del § 205.

Che se la temperatura del termometro bagnato sia sotto 0°, si dovrà invece prendere la formola

$$f = f' - 0{,}000748\,(t-t')\,h\,.$$

Per un esempio sia $t = 21°$, $t' = 12°$ ed $h = 0^m{,}760$: sarà $f' = 10{,}46$, e $t - t' = 9°$; onde

$$f = 10{,}46 - 0{,}000804 \cdot 9 \cdot 760 = 4{,}96\,.$$

E siccome F ossia la forza espansiva del vapore a $21° = 18{,}49$; perciò

$$u = \frac{f}{F} = \frac{4{,}96}{18{,}49} = 0{,}268\ :$$

dunque nell'aria si conterrebbe quasi il 27 per 100 di vapore. Se poi si voglia conoscere la quantità assoluta di vapore esistente in un dato volume d'aria, si dovrà ricorrere alla tavola seguente, in cui si trovano espresse in grammi le quantità di vapore che alle diverse temperature contiene un metro cubo al lo stato di saturazione.

Termom°. =	Vapore =	Termom°. =	Vapore. =
− 5°	4°,03	− 2°	5,01
4°	4,37	1°	5,32
3°	4,70	0°	5,66

Termom°. =	Vapore =	Termom°. =	Vapore =
+ 1°	6,00	19°	17,75
2°	6,42	20°	18,77
3°	6,84	21°	19,82
4°	7,32	22°	20,91
5°	7,77	23°	22,09
6°	8,25	24°	23,36
7°	8,79	25°	24,61
8°	9,30	26°	25,96
9°	9,86	27°	27,34
10°	10,37	28°	28,81
11°	11,18	29°	30,35
12°	11,83	30°	31,93
13°	12,57	31°	33,65
14°	13,33	32°	35,45
15°	14,17	33°	37,20
16°	14,97	34°	39,12
17°	15,84	35°	41,13
18°	16,76	36°	43,17

Articolo 9°.

Degli effetti chimici e fisiologici del calorico.

216. *Si è già veduto (133) che il calorico modi*

fica grandemente l'affinità chimica. E' chiaro infatti che il calorico essendo una forza disgregativa diminuisce la coesione, e per conseguenza facilita fino a un certo punto la sintesi dei corpi che si hanno da combinare; Dico fino a un certo punto, perchè il calorico allontanando anche le molecule eterogenee tende a portarle fuori dalle reciproche sfere di attività, e con ciò favorisce invece l'analisi.

L'analisi è favorita dal calorico anche col dare che fa ad alcuni de' componenti lo stato aereo. Così p. e. i carbonati sono decomposti dal calorico che fa svilippare l'acido carbonico; e vari metalli vengono ripristinati dai loro ossidi per mezzo del calorico che costringe l'ossigene a prendere lo stato aereo. Anche l'acqua sotto l'influsso del calorico abbandona le sostanze igrometriche, non ostante l'affinità che talora è fortissima.

Ma il calorico non solo influisce sulle chimiche operazioni come agente fisico, cioè allontanando le molecule o dando lo stato aereo ad alcuno de' componenti, ma v'influisce eziandio come agente chimico, cioè direttamente diminuendo un'affinità, o avvivandone un'altra che era debole o anche sensibilmente nulla. Il mercurio a cagione di esempio a bassa temperatura mostra assai debole affinità per l'ossigene, laddove al calore della sua ebolliazione facilmente vi si combina e forma l'ossido rosso o pretossido. Si dica lo stesso dei combustibili semplici idrogene, carbonio, solfo &c., e degli elementi de' com

posti che generalmente parlando richiedono una temperatura assai elevata per combinarsi all'ossigene dell'aria e bruciare.

Finalmente il calorico anche senza determinare nuove sintesi ed analisi altera le qualità sensibili dei corpi, ed alle volte trasforma le sostanze per modo che sebbene ritengano la stessa composizione, pure presentano proprietà chimiche affatto diverse. Una prova di ciò l'abbiamo nell'allotropismo ed isomerismo che il semplice innalzamento di temperatura produce in alcuni corpi come nel fosforo (86) e nell'amido (154) che per solo effetto del calorico si trasformano questo in destrina e quello in fosforo amorfo.

217. Gli effetti fisiologici del calorico comprendono la sensazione particolare che esso desta sull'organo del tatto degli animali, e che esercita sulle funzioni organiche tanto degli animali quanto dei vegetabili.

Nel toccare i corpi e anche semplicemente nell'accostarci ad essi noi proviamo una sensazione di caldo ovvero di freddo, sempreché la loro presenza produce sul nostro corpo una elevazione o un abbassamento di temperatura. Queste sensazioni non hanno dunque niente di assoluto, perché il loro termine di confronto è la temperatura delle parti esterne del nostro corpo; temperatura che varia al variare di quella de' corpi circostanti. Ciò spiega perché l'aria dei luoghi sotterranei e l'acqua dei pozzi ci fa provare una sensazione di freddo nell'esta-

te e di caldo nell'inverno, sebbene abbiamo sempre sotto sopra la stessa temperatura, cioè nei nostri climi fra i 12° e i 14°: e perchè i primi caldi ed i primi freddi al mutare delle stagioni ci sembrano maggiori di quello che dice il termometro; e perchè ci riesca tanto sensibile il freddo che si prova in una calda giornata di estate dopo un temporale; e simili fenomeni, i quali tutti dipendono dalla diversa temperatura in cui si trovano le parti esterne del nostro corpo al variare di quella dei corpi circostanti.

„ Nelle sensazioni di caldo e di freddo han-
„ no una gran parte la facoltà conduttrice dei cor-
„ pi, la loro massa e capacità per il calorico „.
Un oggetto di metallo ed uno di legno che esplorati col termometro, si trovano avere la stessa temperatura, non si mostrano al tatto ugualmente caldi o ugualmente freddi. Se sono a temperatura più alta del nostro corpo, a parità di altre circostanze sentiamo il metallo più caldo del legno, perchè il metallo essendo dotato di maggiore facoltà conduttrice in un medesimo tempo ci cede maggiore quantità di calorico che non il legno il quale ha minore facoltà conduttrice: se al contrario sono a temperatura più bassa del nostro corpo, sentiamo il metallo più freddo del legno, perchè il più buono conduttore ci toglie in ugual tempo maggiore quantità di calorico del conduttore meno buono. Che se due corpi oltre la medesima temperatura abbiano anche la medesima facoltà conduttrice, quello che a

vrà maggior massa o maggiore capacità per il calorico potendo cedere o ricevere maggiore quantità di calorico, produrrà in noi una più viva sensazione di caldo o di freddo. Una moneta di rame non ci sembra molto fredda nell'inverno, mentre ci appare freddissima una gran massa dello stesso metallo, anche quando i punti di contatto fra la mano ed il rame è lo stesso in ambedue i casi. Se poi il corpo di cui sperimentiamo gli effetti calorifici si trova a qualche distanza da noi, in questo caso la sensazione di calore o di freddo è anche modificata dalle facoltà emittente ed assorbente di esso corpo; imperocchè a proporzione che sono più grandi queste facoltà, più grande è altresì la quantità di calorico che il corpo è atto a cedere o a ricevere. Oltre a queste circostanze fisiche che influiscono sulle sensazioni di caldo e di freddo ve ne sono molte altre puramente fisiologiche, come l'assuefazione, il temperamento, l'età, lo stato di salute o di infermità &c. &c.

218. Quanto sia grande l'azione che il calorico esercita sulle funzioni dell'organismo animale si può argomentare dal fatto che tutti gli animali hanno bisogno di conservare nel loro interno una certa temperatura, la quale non può aumentare o diminuire notabilmente senza che le funzioni animali ne sieno perturbate per modo da seguirne la morte. L'uomo p. e. ha nel suo interno la temperatura di circa 37°. Le variazioni a cui va soggetta l'aria che respiriamo, i corpi che tocchiamo &c. o non

alterano questa temperatura che di pochissimo, o se l'alterano un poco più cessano di compiersi in noi quelle funzioni organiche il cui complesso costituisce il fenomeno della vita. Accade lo stesso in tutti gli animali detti a sangue caldo; colla sola differenza, che la loro temperatura interna non è la medesima; ma generalmente parlando gli altri mammiferi hanno una temperatura alquanto più elevata dell'uomo, e gli uccelli anche più dei mammiferi. Quindi si vede che gli animali non possono vivere che dentro certi limiti di temperatura esteriore. Questi limiti per la maggior parte degli animali non sono molto ristretti, perchè il provvido Creatore della natura li ha dotati della facoltà di accrescere e diminuire il calore interno di maniera da mantenerlo costante in mezzo alle variazioni di temperatura a cui vanno soggetti i corpi che li circondano (226). Così p. e. l'uomo sebbene abbia alcune temperature che gli sono più confacenti come da 12° a 20°, può nulladimeno conservare il suo proprio calorico e però continuare a vivere dentro limiti assai più estesi, come p. e. da 0° a 32°; e se si tratti di breve durata di tempo può sostenere delle temperature anche molto più basse e molto più elevate. Ma la facoltà di cui è dotato l'uomo ed altri animali di accrescere o diminuire il proprio calorico non è illimitata; tale dunque dev'essere altresì la temperatura del mezzo in cui si può vivere. L'esperienza poi ci mostra che siccome una temperatura moderata del mezzo in cui si vive favorisce le funzioni ani-

mali, così una temperatura troppo alta o troppo bassa le turba, ed anche le fa cessare del tutto.

Analoghi a questi sono gli effetti che il calorico produce sulle funzioni organiche dei vegetabili. Ad un calore moderato si nutrono, germogliano, fioriscono, fruttificano; un calore eccessivo le fa languire, e un freddo intenso le intorpidisce e le uccide. Tuttociò dipende principalmente dalla somma facilità con che i prodotti organici si trasformano in altri per poco che varino le forze che concorrono alla loro formazione.

Capo IV.

Delle sorgenti di calorico

SPESSO i corpi si scaldano pel calorico che vie ne loro comunicato dal Sole, o da altro corpo caldo per radiazione o per toccamento. Ma spesso ancora si scaldano senza che altri corpi gli cedano calorico. Col nome di sorgenti del calorico si vogliono significare quei fenomeni ad occasione dei quali si desta nei corpi il calorico senza che questo gli sia da altri corpi comunicato. Tali fenomeni sono: 1.° diverse operazioni meccaniche; 2.° le azioni chimiche; 3.° le mutazioni di stato di cui si è parlato di sopra (175); 4.° le correnti elettriche delle quali parleremo nel libro seguente.

Articolo 1.

Del calorico eccitato co' mezzi meccanici.

219. *Non v'ha chi ignori che le operazioni meccaniche nelle quali v'è cangiamento nell' equilibrio molecolare dei corpi, specialmente la* **pressio-**

ne, la percossa e lo stropicciamento sono accompagnate da sviluppo di calorico. Già si è veduto che i gas rapidamente compressi (174) destano tanto calorico da determinare la combustione di varie sostanze. Da alcune esperienze istituite sull'acqua, sull'alcool e sull'etere solforico apparisce che si sviluppa qualche poco di calorico anche nella compressione de' liquidi. Maggiore che nei liquidi è il calorico che si desta nei metalli, nei legni ed in altri solidi quando vengono fortemente compressi.

In generale tutti i corpi solidi si scaldano colla percossa. Il ferro battuto sull'incudine si scalda fino a farsi rovente. Se la palla lanciata da un cannone urta nella pietra calcarea, spesso si trova nel luogo della percossa della calce che ha perduto l'acido carbonico, ciò che suppone una fortissima temperatura. Lo stesso calorico che si eccita nel cannone per la scarica più che alla combustione della polvere si deve attribuire all'urto de' gas che si sviluppano e dell'aria che dopo di essere cacciata impetuosamente rientra nel cannone; poichè il calorico non si comunica, specialmente dalle sostanze aeree, che lentamente; e la combustione della polvere è quasi istantanea.

Anche più abbondante è il calorico che si ottiene per lo stropicciamento ossia per l'attrito. Due pezzi di ghiaccio stropicciati assieme; mentre la temperatura dell'aria è sotto a zero si scaldano e si fondono. Per attrito il fosforo ed altre sostanze si accendono. Se un cilindro di legno si faccia girare

con forza entro un foro praticato in una tavola, ovvero se gli si faccia scorrere rapidamente attorno una corda, il legno si scalda a segno da infiammarsi, e di questo mezzo si valevano alcuni popoli selvaggi per procacciarsi il fuoco. I liquidi interposti fra i corpi che si stropicciano coll'impedire il conflitto delle molecule solide fanno cessare quasi affatto lo sviluppo del calorico; l'uso pero' di ungere di sostanze grasse gli assi delle ruote, non solo ne facilita i movimenti e li conserva dal logoramento, ma li difende eziandio da quei danni, cui un forte calore li esporrebbe.

» I diversi solidi non si scaldano egualmente » per l'attrito «. Stropicciando diverse sostanze con uno stesso pezzo di legno si osserva che il piombo si scalda piu' dello stagno, questo piu' del ferro, ed il sughero meno del vetro, della gomma lacca, dell' argento e degli altri metalli in generale. Se i due corpi che si stropicciano assieme sieno della stessa natura, quello si scalda di piu' che e' piu' scabro; cio' sembra provare che il riscaldamento e' proporzionale all' agitazione delle molecule.

Limando, segando o trapanando un corpo, si suole destare piu' calorico che col semplice stropicciarlo senza distacco di particelle. Le scintille che dà l'acciarino ordinario ed i ferri de' cavalli quando calpestano le pietre dure, fanno vedere che le particelle di ferro staccate in tale operazione si scaldano abbastanza per potersi combinare all'ossigene dell' aria, infiammarsi e cadere in globetti arrotondati

per la fusione. Sono celebri su questo particolare le sperienze di Rumford. Facendo egli trapanare dei cilindri di bronzo immersi nell'acqua, trovò che la quantità di acqua per tale maniera scaldata è decupla della limatura ottenuta. Questo fatto non è difficile a concepirsi nel sistema delle vibrazioni; il violento e repentino distacco di tante particelle metalliche non può a meno di non produrre una grande agitazione nelle molecule di un corpo così elastico come il bronzo.

Articolo 2.

Del calorico che si desta per mezzo delle azioni chimiche

220. *Le sintesi e le analisi chimiche sono in generale accompagnate da sviluppo di calorico. Se l'operazione procede con lentezza come quando il ferro si va alterando per il contatto dell'aria, il calorico che si eccita è insensibile; ma se l'operazione si fa rapidamente, il calorico suol essere assai forte. Le alterazioni chimiche dei corpi con eccitamento di calorico e di luce si appellano* Combustioni. *Alla combustione si esigono dunque tre condizioni, cioè il cambiamento nella costituzione chimica del corpo, e lo sviluppo di calorico e di luce. E*

però non si dicono combustioni nè l'infuocamento od ignizione che presenta una lamina d'oro o di platino candente perchè non v'è l'alterazione chimica, nè il semplice riscaldamento che si osserva in molte operazioni chimiche come dell'acqua coll'acido solforico. Le operazioni nelle quali si eccita calorico assai forte ma oscuro, si sogliono talora chiamare combustioni oscure specialmente se l'alterazione chimica è molto sensibile come avviene quando il sodio si combina all'ossigene dell'acqua senza sviluppo di luce.

Riguardo alla fosforescenza cioè al fenomeno della luce non accompagnata da calorico proporzionato, bisogna distinguere che sorte di fosforescenza, vale a dire la fosforescenza che non è prodotta da azione chimica come è quella che ci mostrano il diamante, lo spatofluore e molti altri minerali dopo che sono stati esposti per qualche tempo ai raggi solari o alla corrente elettrica; e la fosforescenza che è prodotta da un'azione chimica quale appunto è quella del fosforo e delle sostanze organiche che sono in istato di scomposizione. Alla prima specie di fosforescenza non si deve dare il nome di combustione; al contrario la seconda è una vera combustione, ma siccome il calorico in essa sviluppato non è sensibile ai mezzi ordinarî, però si appella combustione lenta. Diciamo ai mezzi ordinarî; poichè le radiazioni dei corpi fosforescenti esplorate col termomoltiplicatore hanno dato segni non dubbî di calorico.

221. „ *Le combustioni ordinarie sono sintesi dell'ossigene col carbonio, coll'idrogene o con altre sostanze semplici* „ . Per lo più le sostanze che diciamo combustibili come le diverse specie di carbone, le legna, le resine, il bitume, il catrame, l'alcool, gli oli ed i grassi sono composte: ma queste sostanze allora solamente bruciano quando l'ossigene dell'aria reagendo sul carbonio e sull'idrogene, di cui sono per la massima parte composte, li trasforma in acido carbonico e vapore di acqua che costituiscono i prodotti più abbondanti delle combustioni ordinarie dette anche combustioni ossigeniche. Quindi è che queste combustioni cessano se manca l'ossigene, o, ciò che è lo stesso, se l'ossigene non abbia accesso al combustibile, come accade quando si versa in copia dell'acqua sul fuoco, che oltre al raffreddamento che produce nel combustibile gli toglie anche il contatto coll'ossigene dall'aria. Se però l'acqua non sia in eccesso rispetto al combustibile, terminata l'evaporazione, può rimanere il combustibile abbastanza caldo per proseguire a bruciare; ma ciò non succede se nell'acqua erano sciolti certi sali, come solfato di protossido di ferro, solfato d'allumina, borato di soda, fosfato di ammoniaca, i quali, evaporata l'acqua, restano sulla superficie del solido che bruciava, e vi formano uno strato inalterabile ed impenetrabile all'aria. I legni ed i tessuti organici che si dicono incombustibili si preparano con queste soluzioni: Per lo contrario tutto ciò che aumenta la quantità del-

l'ossigene favorisce le combustioni. Tale è l'azione dei ventilatori e dei mantici che spingono sul combustibile una abbondante corrente di aria; tale é anche l'azione dei camini che determinano l'aria esterna ad investire il combustibile. Ma convien qui osservare che mentre le correnti di aria favoriscono le combustioni aumentando la quantità dell'ossigene, le contrariano poi abbassando la temperatura del combustibile ed allontanando da esso la materia gassosa incandescente. Se la quantità di materia che brucia è molta, come in una fiaccola che arde, il vantaggio che la corrente aerea arreca col portare sul combustibile sempre nuove molecule di ossigene è maggiore del danno che vi produce col sostituire dell'aria fredda alla già riscaldata e la fiaccola brucia con maggior energia. Ma se la quantità di materia che arde sia molto piccola, come in una candela accesa, il vantaggio che la corrente aerea apporta col fare affluire attorno al combustibile maggiore copia di ossigene è vinto dal danno che in pari tempo vi apporta col raffreddamento, e la candela si estingue.

222. Oltre alle combustioni ossigeniche vene sono moltissime altre nelle quali non entra affatto l'ossigene dell'aria. Così p. e. si eccita calorico e luce allorchè si combinano col cloro l'antimonio, l'arsenico, lo stagno ed altri metalli. Lo stesso accade quando il solfo si combina col rame, quando il potassio ed il sodio entrano in lega con diversi metalli, quando il bromo, il iodio, il fosforo, il selenio,

il tellurio e l'arsenico si uniscono all'ittrio, al glucinio e all'alluminio. In generale „ si ha com„ bustione ogni volta che due corpi dotati di mu„ tua e forte affinità si combinano con bastante „ prestezza „ . Ne è necessario che i corpi che si combinano siano semplici; ma si eccita talora calorico luminoso anche nella combinazione di due composti. Se p. e. l'acido solforico sia concentratissimo, nell' unirsi alla barite ed alla magnesia eccita assai di calorico per farle roventi. Segue da ciò che l'ossigene non si può più chiamare il sostegno delle combustioni; e che è priva di fondamento la distinzione dei corpi in combustibili e comburenti, poichè la combustione essendo un effetto dell'affinità chimica, ambedue le sostanze che si combinano e non già una sola di esse attivamente concorrono a produrla. Questo però non impedisce che si possano continuare a dire combustibili quelle sostanze che si combinano all'ossigene con sviluppo di calorico e di luce.

Finalmente le combustioni si fanno talora anche per analisi. Tali sono le scomposizioni di alcuni corpi esplosivi, come del biossido d'idrogene, degli ammoniuri d'oro e di argento, dei ioduri e cloruri di nitrogene &c. Le combustioni per analisi ci mostrano ad evidenza che il calorico delle operazioni chimiche non è tutto dovuto alla condensazione.

223. „ La causa principale del calorico che si „ sviluppa nelle combustioni e nell' altre operazioni

» chimiche è senza dubbio l'agitazione molecola-
» re ». Infatti noi vediamo che quanto più ener-
gica è la forza che unisce o separa le molecule ete-
rogenee, e per conseguenza quanto più veemente è
il conflitto molecolare tanto maggiore è il calorico
che accompagna l'azione chimica. Quelle stesse
sostanze, come p. e. il fòsforo, che lentamente com-
binandosi all'ossigene producono poco od insen-
sibile calorico, rapidamente combinandosi in-
nalzano di molto la temperatura. Oltre di che nel
lo stato presente della fisica non essendo più per-
messo il dubitare dell'identità del calorico e del-
la luce, e consistendo questa, come si dimostra nel
l'ottica, in un movimento vibratorio, anche i feno-
meni del calorico si dovranno necessariamente at-
tribuire alla stessa causa. Spesso però il calorico
che si desta nelle combustioni può essere accre-
sciuto o diminuito dalla diminuzione o dall'ac-
crescimento del volume o del calorico specifico del
le sostanze che soffrono l'azione chimica. Così men
tre la quantità di calorico che si svolge quando
una certa dose di ossigene si combina col carbonio
per produrre l'acido carbonico, o coll'idrogene per
produrre l'acqua, è pressochè uguale; è poi dop-
pia quando la medesima dose di ossigene converte
il fosforo in acido fosforico, il che sembra provare
che nel calorico sviluppato in questa ultima combi
nazione debba aver parte anche la maggiore con
densazione che subisce l'ossigene. All'opposto il ca
lorico che si eccita nella combustione della polvere

da schioppo sarebbe al certo maggiore se non vi fosse l'enorme rarefazione degli elementi che dal lo stato solido passano all'aereo.

Presa per unità la quantità di calorico necessaria per innalzare di un grado un kilogrammo di acqua, si è trovato che un kil. delle sostanze seguenti bruciando produce tante unità di calorico, quante ne esprime il numero notatogli appresso.

Idrogene	34600
Bicarburo d'idrogene	12032
Olio d'oliva	9862
Cera	9479
Carbon fossile di media qualità	7600
Fosforo	7500
Carbone di legna	7300
Alcool a 42° Baumè	6855
Legna secche	3652
Solfo	2600.

Più recenti esperienze hanno mostrato che la quantità di calorico che si desta nelle operazioni chimiche è a un dipresso eguale sia che l'operazione si faccia rapidamente, sia che proceda con lentezza e per gradi. L'acido solforico unendosi all'acqua produce tanto più di calorico quanto più l'acido si accosta allo stato anidro; ma se al calore che si ha coll'acido allungato si aggiunge quello che si ebbe allorchè si unì all'acqua, la somma eguaglia il calorico che si ottiene coll'acido anidro. Così pari-

menti un kilogrammo di carbonio trasformandolo si direttamente in acido carbonico sviluppa la stessa quantità di calorico, che se prima si fosse trasformato in ossido di carbonio e poi questo in acido carbonico.

224. Allorchè le sostanze che bruciano sono allo stato aereo, la combustione si fa con fiamma. E' la fiamma una massa aerea divenuta luminosa per il calorico. Se la cera, il sego, l'olio, l'alcool &c. bruciano con fiamma è perchè ciò che brucia non sono quelle sostanze allo stato solido o liquido, ma i prodotti aerei della loro scomposizione.

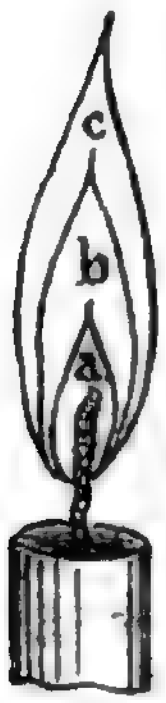
La fiamma quando è sul cominciare o sul finire si suol mostrare violetta od azzurra e non diviene bianca se non quando è molto intensa. Certe fiamme però anche dopo divenute intense mostrano diversi colori secondo la diversità dei prodotti della combustione e anche secondo le diverse sostanze che mescolano le loro molecule a quelle che bruciano. Così vediamo che il rame brucia con fiamma verde, e che la fiamma dell' alcool prende varie tinte coi varî sali che tiene in soluzione: è gialla con quei di soda, rossa con quei di strontiana &c.

„ Il potere illuminante delle diverse fiamme „ non ha rapporto alcuno col loro potere riscal- „ dante „. Debolissima è la luce che tramanda la fiamma dell' idrogene, mentre la sua azione calorifica è oltremodo gagliarda: ed all'opposto è

assai viva la fiamma dei corpi grassi e resinosi che bruciando emettono tanto meno calorico dell'idrogene. La causa di queste anomalie è che sebbene a parità di altre circostanze calorico e luce sieno in ragione diretta dell'azione chimica che li desta, pure le sostanze aeree sono meno atte ad illuminare che le sostanze solide, le quali sotto un dato volume contengono un numero molto maggiore di molecule. E siccome i solidi divengono incandescenti ad una temperatura assai minore di quella a cui lo divengono i fluidi aerei, perciò se un corpo solido si trova in mezzo della fiamma, lo splendore di questa grandemente si accresce. Infatti molto vive sono le fiamme del fosforo, dello zinco e delle altre sostanze che bruciando producono dei corpi solidi. Assai viva è pure la fiamma dei gas carburi d'idrogene e tanto più quanto più contengono di carbonio, poichè una parte di questo rimanendo isolato nell'interno della fiamma, colla sua ignizione aumenta l'intensità della luce. Ma le fiamme di questi medesimi gas divengono poi meno splendide se sieno investite da una forte corrente di aria, poichè in questo caso il carbonio trova subito ossigene sufficiente alla sua combustione completa. All'incontro sono molto deboli le fiamme che non hanno sostanze solide nel loro interno, come p. e. quelle dell'idrogene, del solfo., dell'ossido di carbonio, dell'alcool &c. Queste fiamme divengono poi luminosissime se artificialmente vi s'introduca qualche sostanza solida, come della creta, della calce, dei fili di amianto, o

di platino &c.

225. Nella fiamma di una candela, di una lucerna ad olio, ed in generale in tutte le fiamme permanenti si distinguono tre regioni. L'interna od oscura **a**, ove la massa gassosa non entra in combustione perchè l'aria che vi giunge ha già perduto il suo ossigene: la media o disossidante **b**, in cui si fa la combustione di una parte della massa gassosa, rimanendo l'altra incombusta per difetto di ossigene; l'esterna od ossidante **c**, ove a motivo dell'immediato contatto dell'aria si opera la combustione della materia che nella media era solamente incandescente. La regione interna non è vera fiamma, ed il lucignolo finchè in essa è chiuso non brucia, ma solamente si carbonizza nell'estremità superiore, allorchè il liquido non vi arriva più in quantità sufficiente da impedirne l'eccessivo riscaldamento. La porzione di lucignolo così carbonizzata rende la combustione irregolare, la fiamma diviene fumosa ed il suo potere illuminante diminuisce notabilmente. Per rendere alla fiamma il suo primo stato fa d'uopo togliere quella parte del lucignolo che ha perduta l'azione capillare. Nelle candele per lo più è inutile una tale precauzione, imperocchè attorcinando convenientemente il lucignolo si giunge a comu-



nicargli la proprietà di piegarsi orizzontalmente. Per tale maniera la sua estremità e viene di continuo bruciata nella parte laterale dell'inviluppo luminoso. La regione media ha il massimo potere illuminante a motivo delle sostanze, per lo più carbonose, che contiene allo stato d'incandescenza, e dicesi disossidante perchè contenendo un eccesso di combustibile fortemente scaldato è atto a ripristinare i metalli dai loro ossidi, o almeno a privarli di una parte del loro ossigene. L'esterna è meno luminosa perchè manca di sostanze solide incandescenti, ma invece si trova in essa il massimo potere calorifico, e si dice ossidante perchè i corpi in essa introdotti in forza dell'elevata temperatura agevolmente si combinano all'ossigene dell'aria circostante. Tutto ciò si rende sensibile colla seguente esperienza. Al disopra di un lucignolo di una candela accesa si collochi un pezzo di rete metallica a maglie molto fitte. La parte della rete che tocca la regione esterna apparirà ignita e fortemente ossidata, mentre sulla parte che corrisponde alla regione intermedia si vedrà depositarsi a guisa di anello il negrofumo.

Spesso la fiamma è accompagnata da un denso vapore che dicesi fumo, formato talora di sostanze combuste, ma per lo più di materia che per difetto di ossigene o di temperatura è sfuggita alla combustione. Il fumo prodotto dalle materie incombuste si evita dirigendo sulla fiamma una corrente di aria che somministri alla materia gassosa l'ossigene sufficiente alla sua combustione

totale. A questo oggetto si circonda con un tubo di ve
tro la fiamma dei lumi che debbono dare una fiam
ma molto estesa e senza fumo.

226. Le operazioni chimiche sono anche la sor-
gente se non unica almeno precipua del calore ani-
male (218). Per molto tempo si è creduto che negli
animali a sangue caldo il calore si eccitasse unica
mente o quasi unicamente nei polmoni, pel combi-
narsi dell'ossigene dell'aria al carbonio e all'i-
drogene del sangue venoso nell'atto che questo si
trasforma in sangue arterioso. Più accurate osser-
vazioni sembrano mostrare che il sangue venoso ar
rivato ai polmoni emetta dell'acido carbonico ed
assorba dell'ossigene dell'aria che dall'animale
viene inspirata, e che l'ossigene così assorbito sia
poi portato per le arterie nei vasi capillari a com-
piere le reazioni chimiche necessarie all'organismo a
nimale (1). Quanto all'acido carbonico che è uno
dei prodotti di queste reazioni si può credere che ri
manga sciolto nel sangue in forza dell'alta pres-
sione a cui il sangue è sottomesso nelle vene, e
che quindi si sviluppi nei polmoni, perchè ivi la pres
sione che soffre il sangue si riduce alla sola pressio

---

(1). Un uomo adulto e sano alla temperatura 12°o in quel gior
no espira nelle 24 ore del giorno 867 grammi di acido carbonico,
325^{gr} di vapor d'acqua e 8^{gr} di nitrogene. La quantità d'ossigene nel
medesimo tempo inspirata è 746^{gr}, dei quali 630 sono contenuti nel-
l'acido carbonico e vapor d'acqua espirati, e 116 restano nell'organisma

ne dell' atmosfera. Ma ossia che la respirazione si operi solo nei polmoni, ossia che si operi ovunque può giungere il sangue arterioso è certo che questa funzione è la sorgente più cospicua del calore animale. Ciò si prova 1°. dal calorico che vediamo destarsi tanto nella rapida che nella lenta combinazione dell'ossigene al carbonio: 2°. dal fatto che gli animali che hanno più calorico sono quelli in cui la respirazione è proporzionalmente più attiva; 3°. dalle variazioni che nel medesimo individuo subisce la respirazione secondo che richiedono le circostanze tendenti ad alterarne l'interna temperatura. Infatti si osserva che la quantità di ossigene che consuma un animale in un tempo determinato, e la quantità di acido carbonico che esala nello stesso tempo è tanto maggiore quanto minore è la temperatura dell'aria circostante. Ora s'intende come avvenga che gli animali a sangue caldo mantengono costantemente lo stesso calore interno entro limiti assai estesi di temperatura esteriore. A misura cioè che cresce nell'animale la perdita o l'acquisto del calorico per l'azione raffreddante o riscaldante de' corpi esterni, cresce anche o diminuisce l'energia della respirazione. Se non che a mantenere costante il calore interno aiuta anche moltissimo l'essere gli animali vestiti di peli, di lana, di piume ed alcuni ancora di uno strato di grasso accumulato sotto la pelle, che come cattivo conduttore impedisce la perdita del calorico. Ed è a notarsi che questi provvedimenti sono adattati alla stagione

ed al clima: nell'inverno e nei climi freddi sogliono gli animali avere i peli più folti e più lunghi che nel l'estate e nei climi caldi. Oltre di che quando noi e altri animali ci troviamo in luoghi molto caldi, o per moti violenti o altra causa esposti ad un riscaldamento maggiore dell'ordinario, v'ha un altro non meno saggio provvedimento che ci aiuta a mantenere costante la temperatura interna ed è la traspirazione cutanea. Consiste questa nel venire portate alla superficie del corpo delle sostanze liquide, le quali arrivate a contatto dell'aria evaporando assorbono molto calorico. E un tale processo si rende molto più attivo appunto allora che n'é maggiore il bisogno, vale a dire quando è più elevata la temperatura dell'animale; a segno che spesso non può tutto il liquido evaporare di mano in mano che arriva alla cute, ma ne rimane una porzione allo stato di sudore: anche essa però non tarda a prendere lo stato aereo e ad assorbire con ciò molto calorico. Con questi mezzi atti a conservare il calorico e a dissiparlo ove venga ad accumularsi eccessivamente, non solo gli animali, ma anche i vegetabili mantengono quel grado di calorico che è necessario alla vita di ogni essere organizzato.

LIBRO QUARTO

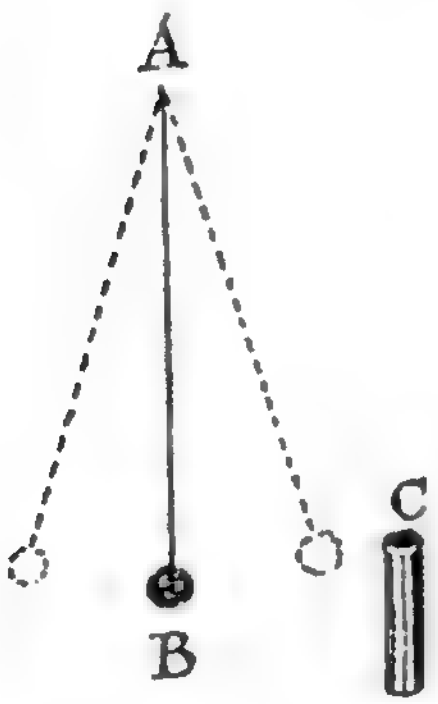
DELLA ELETTRICITÀ

Nozioni generali sull'elettricità

227. *IL FATTO conosciuto fino dai tempi di Talete che l'ambra gialla (electrum, succinum) stropicciata attira i corpicciuoli leggeri, ha dato l'origine e il nome al ramo di Fisica che appellasi* ELETTRICITÀ. *Ma questo fatto rimase isolato ed infruttuoso per molti secoli, cioè verso la fine del secolo XVI, quando l'inglese Gilbert si accorse che molte altre sostanze come il vetro, il solfo, la gomma lacca, il diamante, l'allume acquistano collo stropicciamento la forza di attrarre. Più tardi si osservò che tali corpi stropicciati, oltre alla forza di attrarre, mostrano anche quella di respingere e producono talora una luce accompagnata da strepito e da una sensazione particolare sugli organi degli animali ed altri fenomeni che furono detti fenomeni elettrici. La causa qualunque sia di questi fenomeni si appella* elettricità, elettrico o fluido elettrico. *Elettrizzare un corpo significa comunicargli*

la facoltà di produrre i fenomeni elettrici.

Per assicurarsi se un corpo sia o no elettrizzato un mezzo facilissimo è quello di appendere col mezzo di un filo di lino o di canapa AB un leggero fiocco di cotone, una pallina di midollo di sambuco o simile altro corpicciuolo e di accostarvi quindi il corpo C che si vuole sottoporre alla esperienza; se questo mediante lo stropicciamento o con qualche altro processo ha acquistato un grado sensibile di elettricità, attrae sulle prime il fiocco o la pallina ed appena toccata la spesso la respinge. Questo semplicissimo apparato si chiama pendolo elettrico.

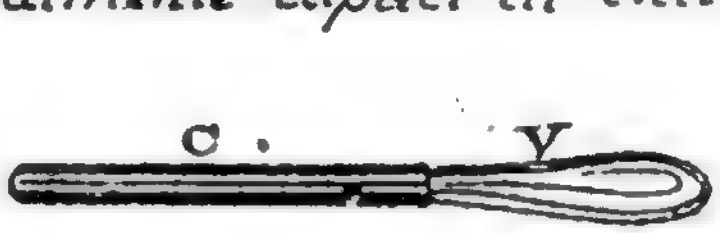


228. Accostando al pendolo elettrico i diversi corpi della natura, alcuni si mostrano atti ad elettrizzarsi collo stropicciamento, e questi vennero appellati idioelettrici: tali sono, oltre quelli che abbiamo nominati di sopra, le differenti specie di resine, la maggior parte dei cristalli, la cera, la seta, la gomma elastica, la guttapercha &c. Altri corpi invece come i metalli, essendo stropicciati, mentre sono tenuti immediatamente colla mano, si mostrano incapaci di elettrizzarsi, e però si dissero anelettrici. Ma ben presto si conobbe che la distinzione dei corpi in idioelettrici ed anelettrici è priva di fondamento e che

„ tutti i corpi si possono elettrizzare collo stropicciamento o con mezzi analoghi „.

229. *Se all'estremità di un bastoncello di cera lacca si fissi un filo di metallo e quindi si stropicci la cera lacca, specialmente nella parte più vicina al metallo, questo attira il pendolo elettrico. Si vede dunque che i metalli hanno la proprietà di dare il passaggio all'elettrico attraverso a se medesimi e di trasmetterlo ad altri corpi. Questa proprietà di trasmettere l'elettrico si appella* conducibilità *per l'elettrico o* conducibilità elettrica *; i corpi che la posseggono si dicono* conduttori o deferenti *, quelli che non la posseggono* isolanti o coibenti.

In generale si trova che i corpi anelettrici sono conduttori, e gl'idioelettrici isolanti. Ciò spiega l'incapacità dei primi a mostrare i fenomeni elettrici quando nello stropicciarli si tengono immediatamente colla mano: acquistano anch'essi mediante lo stropicciamento l'elettrico; ma questo all'istante medesimo passa dalle parti stropicciate ove si sviluppa alle parti contigue non stropicciate e da queste alla mano, donde si disperde nel suolo, da che il nostro corpo e la terra sono dotati di conducibilità per l'elettrico. A mostrare poi che i conduttori sono realmente capaci di elettrizzarsi basta



prendere una verghetta di metallo o di altro conduttore C *che sia saldato ad un manico di vetro* V*, e quindi stropicciare il solo metallo o conduttore, che per tale maniera si elettrizza; ma i segni elettrici cessa-*

no tosto che esso viene toccato con la mano o con altro conduttore tenuto in mano. E' dunque manifesto che non vi sono de' corpi anelettrici, ma che i conduttori per mostrare i segni elettrici hanno bisogno di essere isolati, cioè separati dalla terra per mezzo di un corpo isolante.

Fra i corpi conduttori e gl'isolanti non vi è una separazione decisa, ma tutti assieme formano una serie nella quale si passa dai migliori conduttori a gli isolanti più perfetti o viceversa. Ottimi conduttori sono i metalli, fra i quali nulladimeno vi hanno delle differenze; il rame p. e. conduce meglio del ferro, e questo meglio del platino. Buoni conduttori sono pure le sostanze vegetali ed animali viventi o almeno non disseccate; l'acqua specialmente se tiene in soluzione qualche acido, alcali o sale, ed in generale tutti i corpi umidi ed anche l'aria quando è pregna di umidità. I conduttori più cattivi od isolanti più perfetti sono le sostanze resinose ed oleose, le pietre trasparenti e senza colore, la seta, la gomma elastica, la gutta-percha, la cera, il solfo, le penne degli uccelli, i peli degli animali e l'aria secca. Il vetro si lascia piuttosto spezzare che attraversare dall'elettrico, ciononostante l'elettrico scorre assai bene sulla superficie del vetro, a motivo di un velo di umidità che sempre la copre, allorchè è stata esposta all'aria.

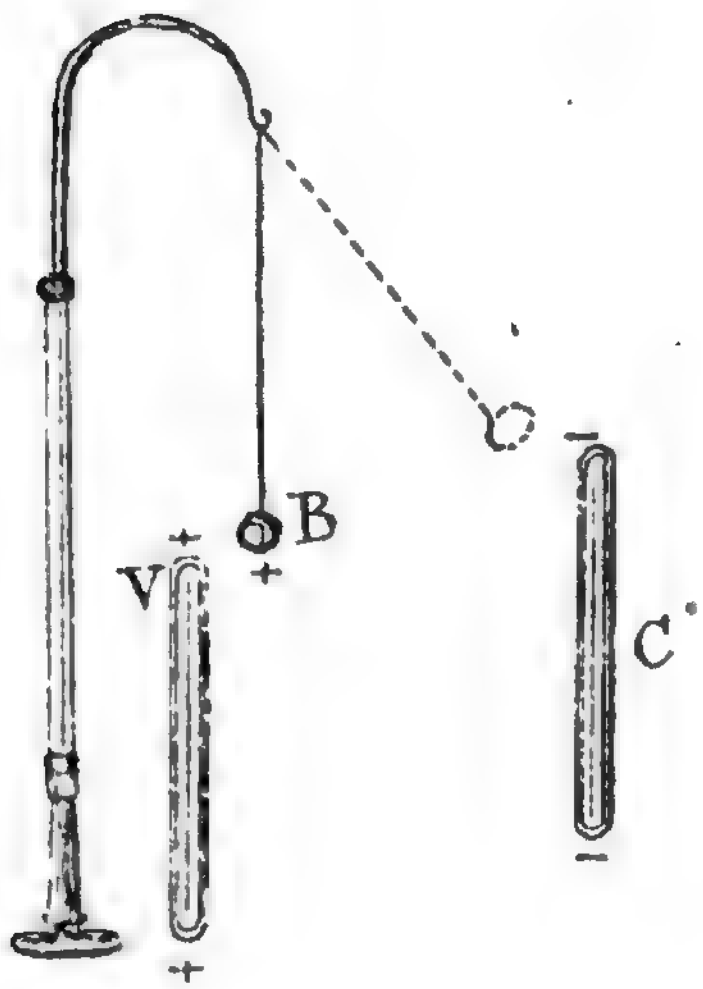
Anche lo stato molecolare dei corpi, la loro temperatura e densità influiscono assai sulla facoltà

conduttrice per l'elettrico. Alcuni corpi isolanti come il vetro e il solfo, quando sono polverizzati, conducono un poco l'elettrico. Il diamante è uno dei migliori isolanti, ma il carbone calcinato conduce assai bene. L'acqua e il suo vapore sono conduttori, mentre il ghiaccio a temperatura assai bassa è un ottimo isolante. La gomma lacca, il solfo, il vetro e molti altri isolanti, venendo fusi o anche solamente ammolliti, si lasciano attraversare dall'elettrico. L'aria calda anche se asciuttissima è conduttrice, e la fiamma lo è anche più. Tutti i gas poi tanto meglio conducono l'elettrico quanto sono più rarefatti.

230. " Tutti i corpi si possono elettrizzare " per comunicazione ", cioè toccandoli con un corpo elettrizzato; con questa differenza però che se il corpo che si vuole elettrizzare è isolante, non prende l'elettrico che nei punti ove viene toccato, o nei vicinissimi ad essi; laddove se è conduttore lo prende su tutta la sua superficie. Similmente se il corpo elettrizzato è isolante, non cede al conduttore che lo tocca se non l'elettrico che possiede nei punti in cui ha luogo il contatto, o nei circostanti a piccolissima distanza; ma se anche il corpo elettrizzato è conduttore, il suo elettrico si divide fra lui e il corpo toccato proporzionalmente alla superficie di ambedue i conduttori. Ciò mostra anche avvenga che un conduttore isolato ed elettrizzato

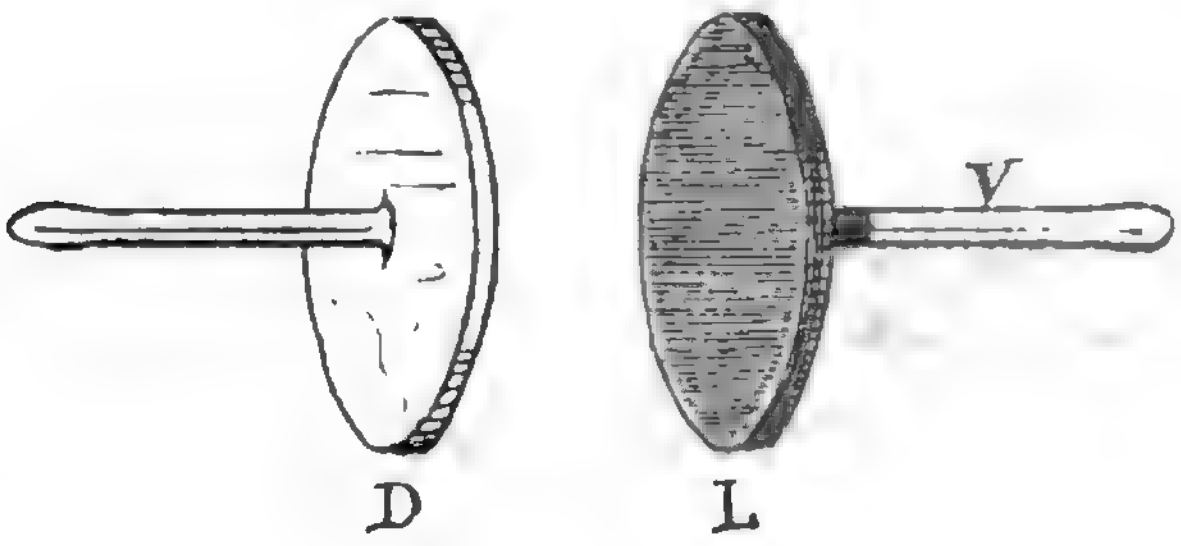
perde tutto il suo elettrico tosto che si mette in comunicazione colla Terra: l'elettrico del conduttore si divide di fatto fra lui e la terra, ma siccome la superficie della Terra è fisicamente infinita rispetto a quella del conduttore, perciò dopo il contatto questo rimane sensibilmente allo stato naturale. Spesso accade che quando si accosta un conduttore elettrizzato ad uno che non lo è, una parte dell'elettrico del primo passa nel secondo prima che siano arrivati a toccarsi. In questo caso l'elettrico prende spesso la forma di una scintilla che attraversa lo strato di aria che separa i due corpi; ma il risultato è lo stesso che se la comunicazione avesse avuto luogo a contatto.

231. „ L'elettricità è di due specie „ .. Se ad un pendolo elettrico isolato, cioè composto di una pallina di midollo di sambuco sospesa ad un filo di seta si accostino successivamente due cilindretti, uno di vetro V e l'altro di cera lacca C ambedue stropicciati con una stoffa di lana, si osserva che se la pallina si elettrizzi toccandola col vetro; viene poi respinta dal vetro ed attratta dalla cera lacca; al contra-



se la pallina si elettrizzi toccandola colla cera-lacca, e' respinta dalla cera lacca ed attratta dal vetro. L'elettricita' acquistata dal vetro stropicciato colla stoffa di lana non e' dunque identica a quella acquistata dalla cera lacca stropicciata colla stoffa medesima, poiche' nelle circostanze in cui il vetro attira il pendolo, la cera-lacca lo respinge, e viceversa. Inoltre se prendiamo una serie numerosa di corpi ed elettrizzatili l'andiamo successivamente accostando al pendolo anch'esso elettrizzato, vedremo che ciascuno di questi corpi si comporta o come il vetro o come la cera lacca elettrizzati colla lana. Dunque vi sono due specie di elettricita': quella che suole comunemente mostrare il vetro stropicciato colle stoffe di lana si appella elettricita' vitrea o positiva, e quella che per lo piu' mostra la cera lacca parimenti stropicciata colla lana si denomina elettricita' resinosa o negativa. E' siccome abbiamo veduto che il pendolo elettrico elettrizzato col vetro e' respinto da questo ed attratto dalla cera lacca, e per converso elettrizzato colla cera lacca e' respinto da essa ed attratto dal vetro, potremo percio' conchiudere che » i » corpi i quali hanno l'elettricita' dello stesso » nome si respingono, e quelli che l'hanno » di nome contrario si attraggono «. Questa verita' fondamentale e' confermata da moltissime sperienze.

232. „ Le due specie di elettricità si sviluppa„ no sempre assieme „ . Se invece di tenere [illegible] la stoffa di lana L che serve a produrre l'attrito, s'incolli sopra un disco di legno [illegible] di un manico isolante V, e per questo



mezzo si stropicci con essa un disco di vetro D o un altro corpo qualunque, si vedrà che se il vetro attira il pendolo elettrizzato, la stoffa di lana lo respinge e viceversa. Lo stesso accade sempreché si stropicciano assieme due corpi bastevolmente isolanti od isolati; vale a dire dopo lo stropicciamento se uno mostra l'elettricità positiva, l'altro mostra la negativa. Segue da ciò che una medesima sostanza stropicciata con diversi corpi non prenderà sempre la stessa specie di elettricità; imperocchè se il vetro e la cera lacca stropicciati colla lana si elettrizzano quello positivamente e questa negativamente, è necessario che la lana nel primo caso prenda l'elettricità negativa e nel secondo la positiva. L'espe-

rienza poi ci fa vedere che accade il medesimo in quasi tutti i corpi. Ecco una serie di corpi ciascuno de' quali suol prendere elettricità positiva stropicciato con quelli che lo seguono, e negativa con quelli che lo precedono.

Pelle di gatto col pelo
Vetro liscio
Stoffe di lana
Piume
Legno
Carta
Seta
Gomma lacca
Vetro smerigliato
Solfo

Bisogna però notare che rimanendo la stessa natura chimica delle sostanze che si cimentano assieme, diverse circostanze fisiche possono far prendere a un corpo or l'una or l'altra specie di elettricità. Basti per ora indicare che l'elevazione di temperatura e la scabrezza della superficie in generale inducono nei corpi la tendenza a prendere l'elettricità negativa. Di due bastoncelli di cera lacca uno caldo e l'altro freddo che si stropicciano assieme il primo prende elettricità negativa ed il secondo positiva. Se un tubo di vetro per metà liscio e per metà smerigliato si stropic-

ci per tutta la sua lunghezza con un panno di lana, la metà ruvida si elettrizza negativamente, e la metà liscia per contrario si elettrizza positivamente.

233. Ma sebbene non vi sia niente di assoluto riguardo alla specie di elettricità che prendono i corpi per lo stropicciamento, pure si osserva che „ le due elettricità si sviluppano sempre in „ proporzioni equivalenti „ ; imperocchè se i due corpi oppostamente elettrizzati per mutuo attrito si congiungano assieme di maniera che tutte le parti stropicciate vengano a contatto, ambedue i corpi tornano allo stato naturale, o, come dicesi, le due opposte elettricità si neutralizzano. La neutralizzazione delle due opposte elettricità si può fare anche a distanza e attraverso dell'aria sotto forma di scintilla, o attraverso di un conduttore isolato che comunichi con i due corpi oppostamente elettrizzati, ed in ambedue questi casi, durante tutto il tempo della neutralizzazione, l'elettricità viene detta elettricità dinamica, per distinguerla dalla elettricità che trovasi in riposo su di un corpo isolato, che dicesi elettricità statica o di tensione. Lo stato dinamico dell'elettricità se è istantaneo, come nella scintilla e nel fulmine, che non è altro se non una grande scintilla elettrica, prende anche il nome di scarica elettrica; se poi è continuo, come avviene quando due corpi uniti assieme per mezzo di un conduttore isolato sono

messi in commicazione l'uno con una sorgente perenne di elettricita' negativa, e l'altro con una sorgente ugualmente perenne di elettricita' positiva, allora lo stato dinamico piu' commemente si appella corrente elettrica, ed il conduttore attraverso il quale si opera la neutralizzazione delle due elettricita' dicesi percorso da una corrente elettrica.

234. Fra le diverse ipotesi che si sono imaginate per collegare assieme i fenomeni elettrici, due sono state piu' generalmente ammesse. Una è quella di Franklin che consiste nell'attribuire i fenomeni elettrici ad un fluido imponderabile e sottilissimo, le cui molecule mutuamente si respingano. Ogni corpo nello stato naturale si suppone contenere una certa dose di questo fluido, e i corpi elettrizati positivamente averne un eccesso, quelli elettrizati negativamente soffrirne difetto. In questa ipotesi oltre la ripulsione fra le molecule del fluido elettrico, si suppone anche mutua ripulsione fra i corpi che sono in difetto di elettrico, ed attrazione fra quelli che ne hanno in eccesso e quelli che ne soffrono difetto.

L'altra ipotesi è quella proposta da Symmer, e si puo' cosi' ridurre ai tre punti che seguono:

1°. Ciascun corpo allo stato naturale contiene una quantita' indefinita di una materia imponderabile e sottilissima che dicesi fluido elet-

trico neutro, composto di due fluidi particolari, cioè del fluido che produce i fenomeni dell'elettricità positiva, e del fluido che produce i fenomeni dell'elettricità negativa.

2. Finchè questi due fluidi sono combinati assieme nelle proporzioni richieste a comporre il fluido neutro, il corpo rimane allo stato naturale; quando poi l'uno o l'altro di essi eccede da questa proporzione, il corpo si mostra elettrizzato positivamente o negativamente.

3. Le molecule di uno stesso fluido positivo o negativo si respingono, ma quelle dei fluidi di nome contrario si attirano in forza dell'affinità che tende a combinarle, affinità che in questo caso si suppone agire anche a distanza.

Ambedue queste ipotesi si prestano quasi ugualmente bene alla spiegazione della maggior parte de' fenomeni elettrici. La prima è più semplice, e, quanto all'esistenza di un solo fluido imponderabile, anche più verisimile; ma la seconda è più comunemente adottata nei corsi elementari, perchè in essa riesce meno difficile il formarsi una idea delle azioni contrarie che produce l'elettrico.

Per provvedere alla brevità divideremo la materia in soli cinque capi. Nel primo si tratterà de' fenomeni che presenta l'elettricità allo stato di riposo o di tensione, ossia dell' elettrostatica; nel secondo delle leggi generali dell'elettrico in movi —

mento ; cioè dell' elettro-dinamica e del magne-
tismo , il quale non si può più considerare al-
trimenti che come una forma particolare dell' elet-
tricità dinamica ; nel terzo della propagazione del-
l' elettrico attraverso i corpi solidi, liquidi ed aerei,
e degli effetti che vi produce ; nel quarto delle sor-
genti elettriche, ossia delle operazioni atte ad elettriz-
zare i corpi ; finalmente nell' ultimo si parlerà
dell' elettricità atmosferica.

Capo II.

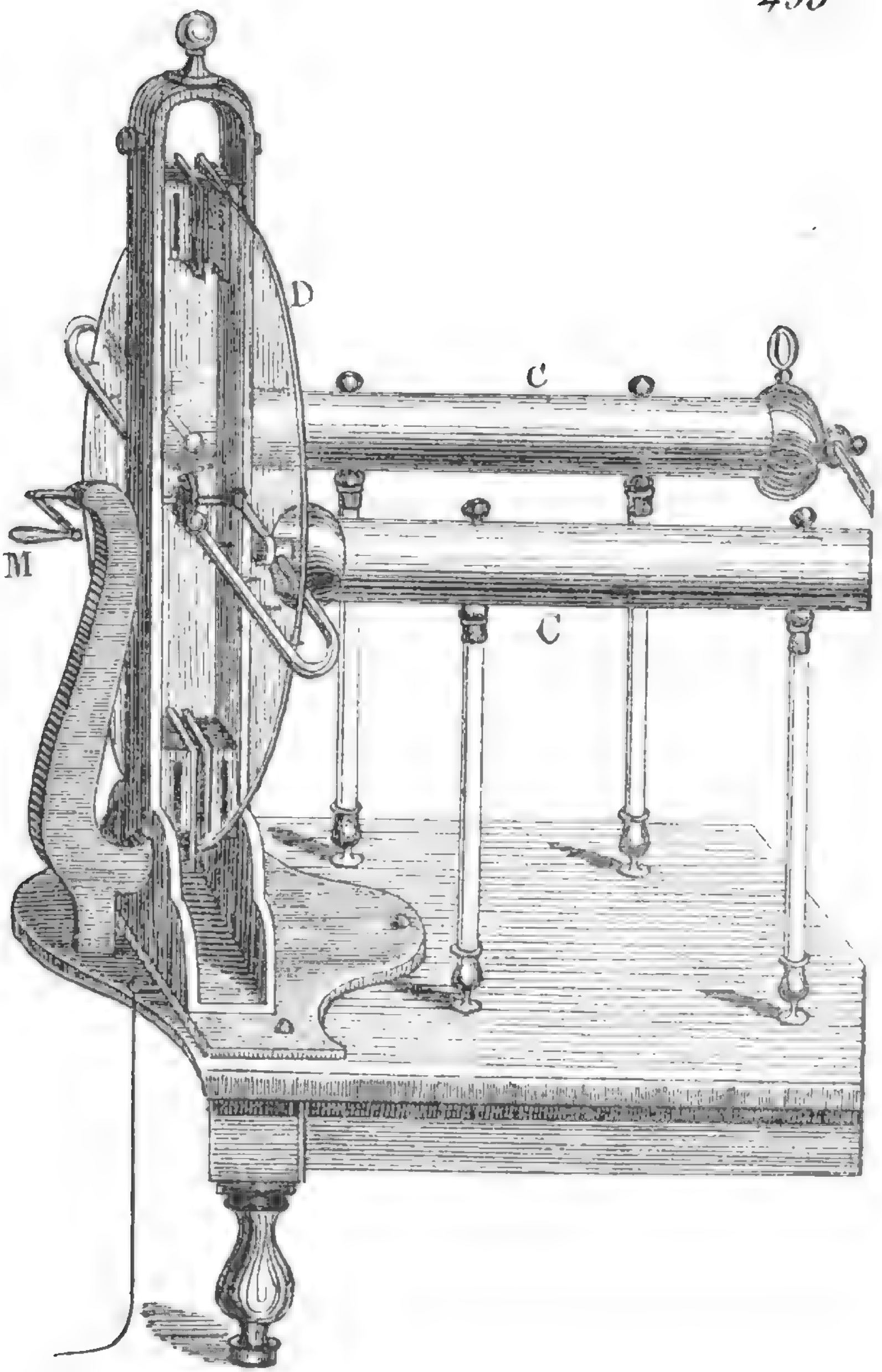
Elettro-Statica

L'ELETTROSTATICA comprende la descrizione di alcuni apparati necessari per lo studio dell'elettricità, la distribuzione dell'elettrico nei corpi isolati, la teoria dell'influsso, le leggi delle attrazioni e ripulsioni elettrostatiche, e i fenomeni della elettricità dissimulata.

Articolo 1.

Della macchina elettrica e degli elettroscopî.

235. *Dicesi macchina elettrica qualunque apparato atto a somministrare un pronto e copioso sviluppo di elettrico mediante lo stropicciamento. Per ordinario la macchina elettrica consta di un disco di vetro* D *trapassato nel centro da un asse che porta un manubrio* M, *per mezo del quale si può mettere il disco in movimento di rotazione. Due o quattro cuscinetti di cuoio pieni di cri-*

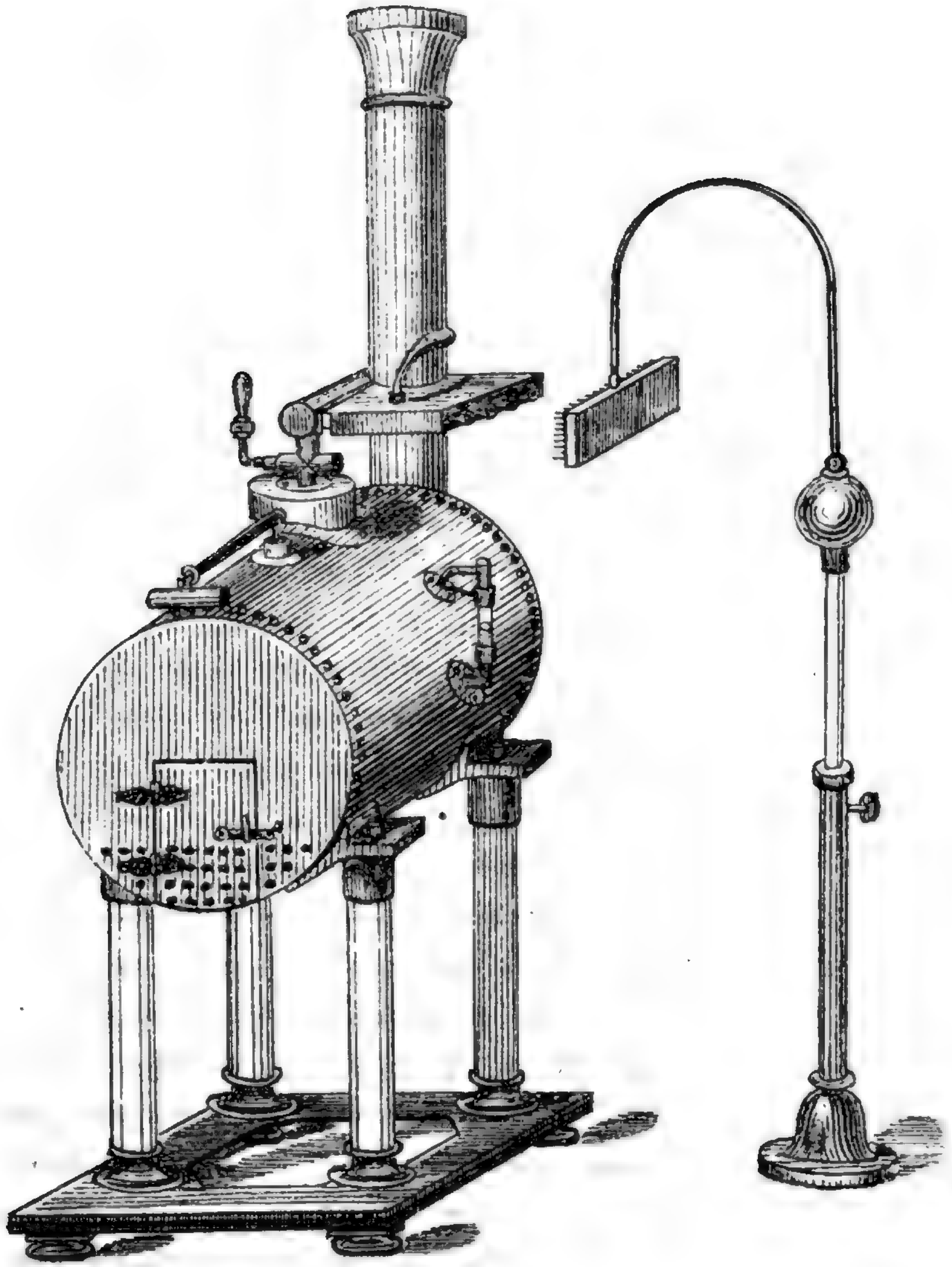

D
C
M
C

ni di cavallo stringono e stropicciano il disco men tre si fa girare. L'esperienza ha insegnato che a rendere lo sviluppo dell'elettricità più considerevole conviene coprire la superficie dei cuscinetti di un'amalgama di stagno o zinco, ovvero di uno strato di bisolfuro di stagno detto anche oro musivo. La terza delle parti essenziali di una macchina elettrica è un conduttore C isolato, che nelle parti più vicine al disco si fa terminare in alcune punte affinchè possa meglio caricarsi di elettrico (248). Nelle macchine che debbono dare ambedue le elettricità si aggiunge un altro conduttore che all'occorrenza possa comunicare coi cuscinetti, i quali in tal caso hanno da essere isolati. Quando si vuole ottenere dalla macchina l'elettricità positiva si pongono i cuscinetti, se già nol fossero, in comunicazione col suolo per mezzo di una catena metallica o in altro modo; senza questa precauzione l'elettricità negativa dei cuscinetti passerebbe in parte a neutralizzare la positiva del disco. Quando invece si voglia ottenere l'elettricità negativa, si fa comunicare col suolo per mezzo della catena o altrimenti il conduttore positivo, e si tengono isolati dal suolo, ma comunicanti fra loro i cuscinetti ed il conduttore negativo. Tali macchine elettriche si ritengono per molto buone quando le scintille giungono alla lunghezza di 12 o 15 centimetri; ma a ciò è dopo che l'aria sia secca. Nell'aria umida queste macchine non lavorano mai molto bene a motivo della conducibilità per l'elettrico che ha l'aria

ectrica di umidità.

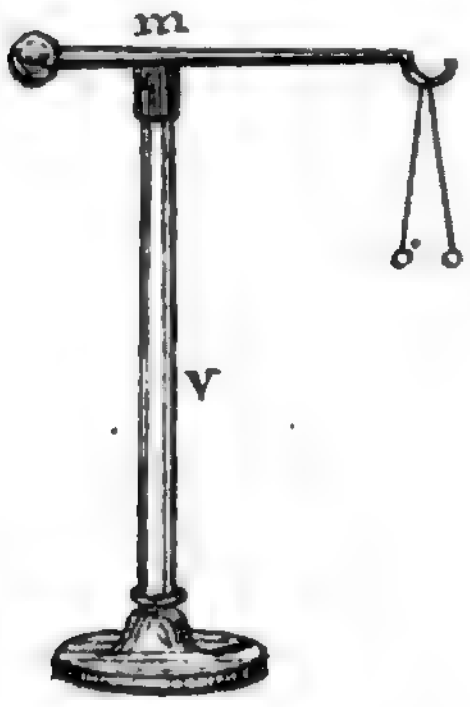
Le altre macchine elettriche non differiscono da quella che si è descritta se non per la natura dei corpi che subiscono l'attrito, o per la diversa figura e disposizione dei conduttori e delle altre parti accessorie.

236. Più recentemente però si è imaginata una macchina elettrica, la quale può sembrare essere essenzialmente diversa dalle altre. In questa il corpo che soffre l'attrito è un getto di vapore formato sotto alta pressione e misto a minutissime particelle di acqua, che però appellasi macchina idro-elettrica. La macchina idro-elettrica si compone di una caldaia a vapore isolata su quattro colonne di vetro (pag. seguente) ed il cui tubo di uscita va a terminare in alcuni cilindretti di legno voti. Se il vapore che attraversa i cilindretti sia tutto allo stato elastico, lo sviluppo di elettricità è nullo o insensibile; ma se il vapore prima di passare pei cilindretti siasi in parte condensato, di maniera che la corrente del vapore strascini seco delle goccioline di acqua, si ottiene un abbondante sviluppo di elettricità, che suol essere positiva nel vapore e negativa nei cilindretti di legno, e per conseguenza nella caldaia che fa da conduttore. Si vede dunque che nelle macchine idro-elettriche l'attrito si esercita fra un liquido ed un solido, e la forza espansiva del vapore fa le veci del braccio dell'uomo che nelle ordinarie macchine elettriche mette in moto il manubrio. Ciò che caratterizza le macchine i-



dro-elettriche è la copia grande di elettrico dotato di forte tensione che somministrano, sempreché sieno ben costrutte ed alimentate con acqua stillata o almeno molto pura. La macchina idro-elettrica che possiede l'Istituto politecnico di Londra, e che ha due metri di lunghezza, produce ad ogni minuto secondo da quattro o cinque scintille di 60 centimetri di lunghezza.

257. Gli elettroscopî sono apparati che servono a manifestare l'esistenza dell'elettricità e a indicare ne la specie; gli elettroscopî che servono anche a misurare l'intensità della forza elettrica si appellano elettrometri. Il più semplice elettroscopio consiste in una colonnetta isolante V sormontata da una piccola sbarra metallica orizzontale m che porta due pendolini ossia due cornicelli molto leggeri e sospesi uno accanto all'altro alle due estremità di un filo conduttore. Il corpo di cui si vuole esplorare lo stato elettrico si fa



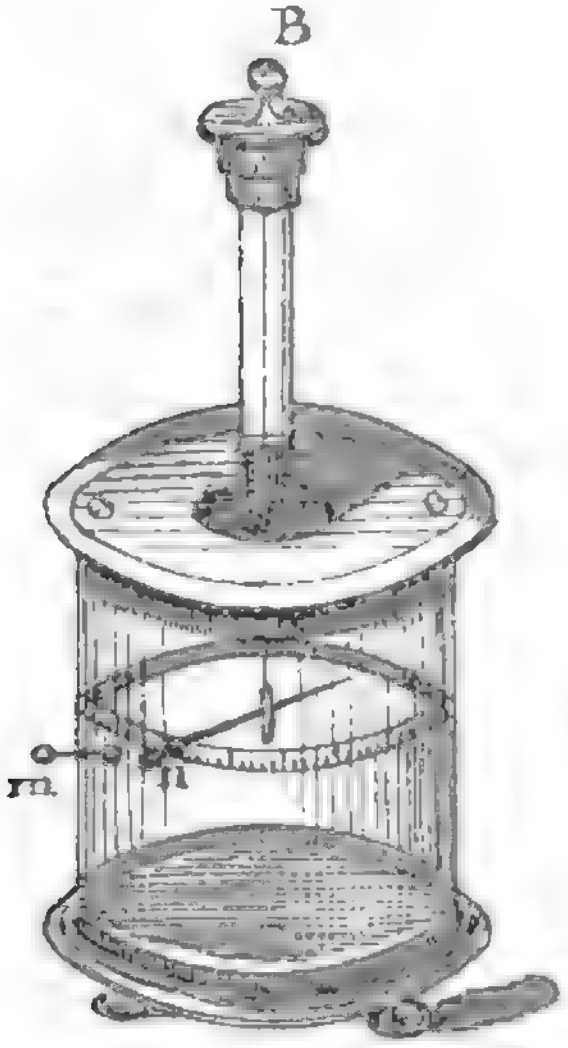
toccare la sbarra metallica, e la maggiore o minor divergenza dei due pendolini mostra che il corpo è più o meno elettrizzato. Per giudicare della specie di elettricità si tocca la sbarra metallica, mentre si mantiene ancora elettrizzata, con un bastoncello di cera lacca strofiacciato, o con altro corpo elettrizzato di elettricità conosciuta, di maniera che l'appara-

to debba ricevere un poco di elettricità p. e. negativa: se cresce la divergenza dei due pendolini si conchiude che l'elettricità del corpo era negativa, e se diminuisce, positiva. Si osservi però che ad avere la divergenza dei pendolini ed a conoscere la specie dell'elettricità non è sempre necessario che il corpo elettrizzato tocchi la sbarra di metallo, per lo più basta solamente che gli si accosti (244). Che se voglia si rendere permanente la divergenza dei pendolini senza il contatto del corpo elettrizzato, mentre questo si accosta all'elettroscopio bisogna toccare col dito la sbarra di metallo, quindi ritirare prima il dito e poi il corpo elettrizzato.

A rendere l'elettroscopio più sensibile e più esatto si chiudono i due pendolini in una boccetta di cristallo, che li difende dall'agitazione dell'aria e dall'umidità, e ad una faccia piana della boccetta si è datta una divisione circolare che permette di misurar la divergenza dei pendolini medesimi. Ma per lo più in questo caso ai pendolini si sostituiscono due paglinzze o due foglielle di oro attaccate all'estremità di un filo metallico che va a terminare fuori della boccetta in una palla B parimenti metallica, la quale dicesi cappello o bottone dell'elettroscopio. Il fondo della boccetta vuol esser di metallo e

comunicare con due laminette metalliche l, l' che si attaccano alle pareti interne della boccetta, affinché quando le pagliuzze per troppa carica vanno a battere contro le pareti possano scaricarsi della loro elettricità, senza di che rimarrebbero lungamente attaccate alle pareti medesime

238. Più sensibile dei precedenti, perchè sottratto all'azione della gravità, è l'elettroscopio di Coulomb. Un semplice filo di seta sostiene un sottilissimo ago orizzontale di vetro o di cera lacca, terminato in una estremità da un dischetto n di orpello, ovvero da una pallina di midollo di sambuco dorata. Il filo è appeso a un pezzo mobile B adattato alla parte superiore di una campana di cristallo, ed una lista di carta divisa in 360 parti che cinge tutta attorno la campana serve ad indicare gli archi descritti dall'ago orizzontale. All'altezza dell'ago la campana porta un foro per il quale passa un filo di metallo bene isolato, che dentro e fuori termina in due palline di metallo. Per mettere in azione quest'apparato si giri il pezzo mobile finchè il dischetto di orpello venga a toccare la pallina fissa nell'interno della campana, quindi si accosta il corpo elettrizzato alla pallina esteriore m,



e si vede l'ago descrivere un arco dovuto alla ripulsione dei corpi similmente elettrizzati. La specie dell'elettricità si determina, come è stato detto di sopra, per mezzo dell'elettroscopio a pendolini.

Per ciò che riguarda l'intensità dell'elettrico, allorchè non se ne cerca la misura precisa gli elettroscopî che abbiamo descritti possono in qualche modo indicarla, poichè la divergenza dei due corpi similmente elettrizzati cresce in essi coll'intensità dell'elettrico; quindi è che a questi elettroscopî qualche volta si dà il nome di elettrometri. Quando però si cerca una misura precisa delle forze elettriche bisogna ricorrere ad altri mezzi, e specialmente alla bilancia elettrica di cui parleremo più innanzi (257).

Articolo 2°

Della distribuzione dell'elettrico nei conduttori

239. Quando un corpo conduttore non soggetto ad influenze straniere ha ricevuto una certa dose di elettricità positiva o negativa „ questa si „ distribuisce unicamente sulla sua superficie „ lasciando le parti interne allo stato naturale „.

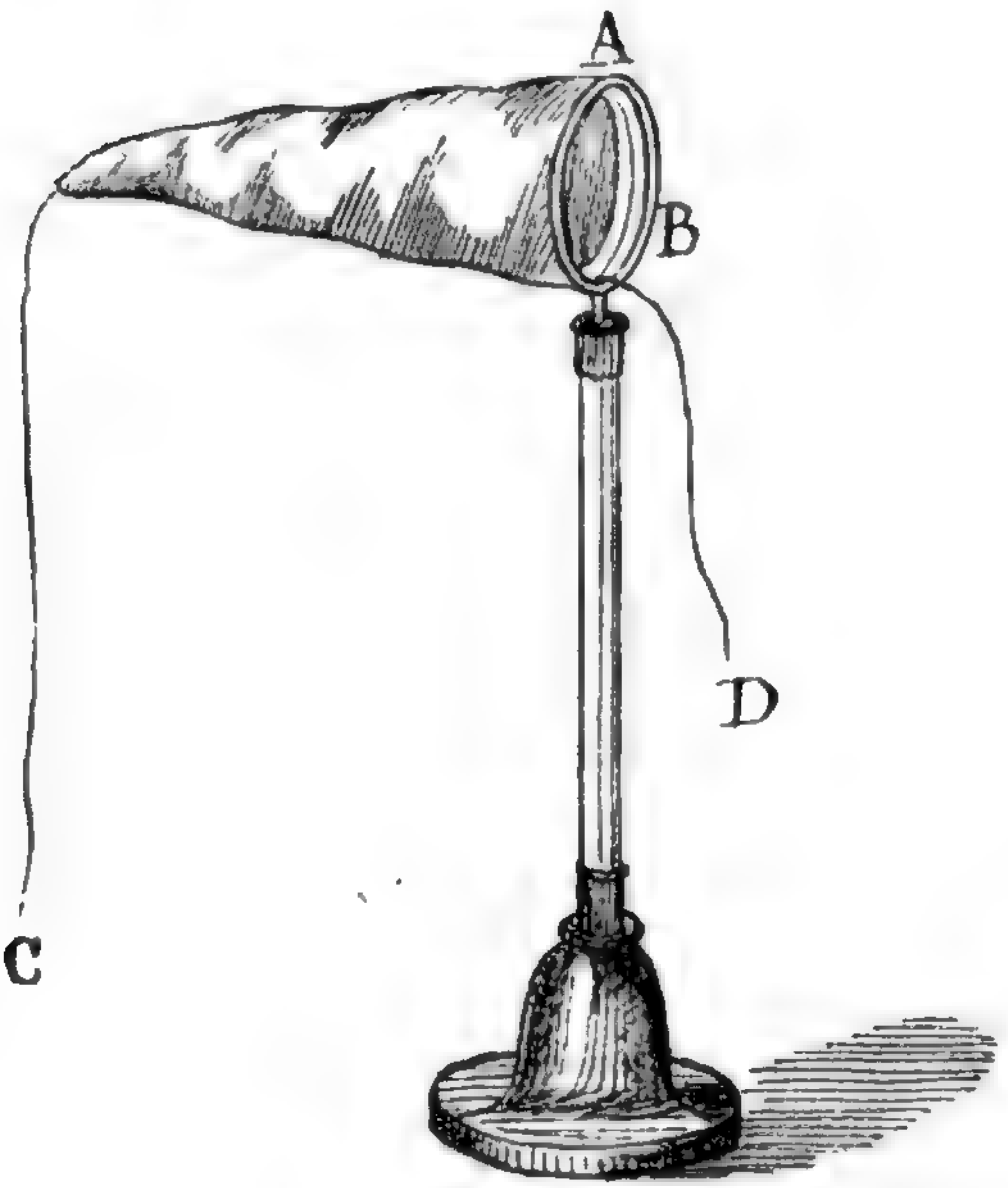
Per provarlo si prende una palla di metallo isola-

ta e si elettrizza; quindi si prendono due emisfe-ri vuoti anche essi di metallo e capaci di tutta coprire esattamente la superficie della palla. Que-sti emisferi devono essere fissati a due manubri isolanti, affinchè si possano collocare sulla palla e toglierli senza che comunichino col suolo. Se do-po chiusa la palla nei due emisferi, questi si levi-no, e per mezzo di un elettroscopio si esplori lo stato elettrico della palla, non vi si trova nessu-na traccia di elettrico; gli emisferi invece si tro-vano elettrizzati, sebbene non fossero quando si so-no collocati sulla palla.

Si può anche provare lo stesso principio con-

quest'altra sperienza. Si elettrizza una sfera vuota munita di una piccola apertura nella sua parte superiore, quindi per mezzo di un filo di seta si fa calare al fondo della sfera una pallina di metallo. Estratta la pallina ed accostatala ad un elettroscopio, si trova affatto priva di elettrico. Ma se la pallina tocca la superficie esterna della sfera o anche solamente il bordo dell'apertura, prontamente si carica d'elettrico.

Molto a proposito è pure la seguente sperienza di Faraday. Ad un cerchio di metallo isolato AB si adatta un sacchetto conico di tela metallica, che per mezzo di due fili di seta C, D fissati al suo vertice si può rovesciare senza farlo comunicare colla Terra. Elettrizzato il sacchetto, per quante volte venga ad essere rovesciato sempre si trova che l'elettrico lascia la superficie che diventa interiore per portarsi sulla esteriore.

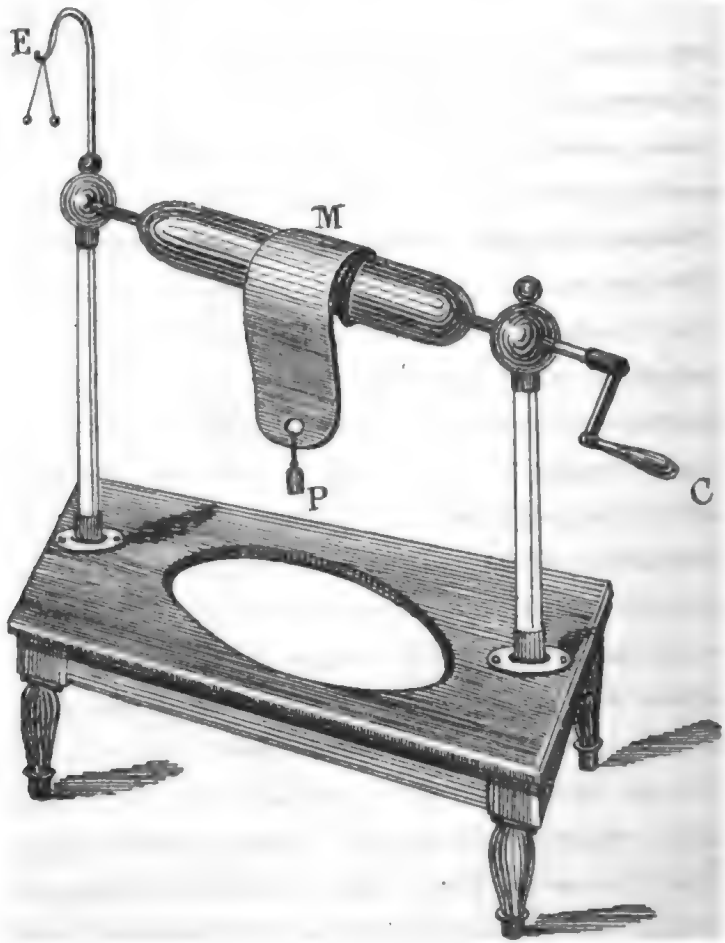


240. *Da questa proprietà che ha l'elettrico libero di accumularsi unicamente alla superficie dei conduttori (proprietà che si fa dipendere dalla vicendevole ripulsione delle sue molecule), consegue che la massa di un conduttore è senza influsso sulla carica elettrica che può ricevere. Dicesi carica elettrica la quantità di elettrico libero, cioè non combinato che contiene un corpo, e la carica è positiva o negativa secondochè il fluido libero è il positivo o il negativo. Nell'ipotesi di un solo fluido elettrico la carica positiva sarebbe la quantità di elettrico sovrabbondante, e la carica negativa la quantità di elettrico naturale che manca in un corpo. Un globo formato di una sottilissima foglia metallica venendo messo a contatto di un corpo elettrizzato, toglie a questo tanta quantità di elettrico quanta gliene toglie un globo di metallo massiccio, purchè ambedue i globi abbiano lo stesso diametro: dunque „ la massa è senza influsso sulla carica elettrica dei conduttori ".*

Anche la natura chimica dei conduttori è senza influsso sulla carica elettrica. Se si tocchi un globo elettrizzato con altro globo della stessa grandezza, ma di natura diversa, la carica si distribuisce esattamente metà sull'uno e metà sull'altro. Che se il secondo globo abbia la superficie doppia, tripla, quadrupla del primo, la carica elettrica che riceve è anch'essa doppia, tripla, quadrupla; onde si dice che „ la capacità per l'elettrico nei conduttori della stessa forma è in ragione diretta delle superficie ". Si chiama capacità per l'elettrico l'attitudine che

hanno i corpi ad esigere maggiore o minore carica elettrica per acquistare una certa forza o tensione elettrica.

Ecco una esperienza che mostra la capacità per l'elettrico essere in ragione della superficie libera. Una pieghevole e lunga lamina di metallo M tesa da un peso P sia avvolta a modo di nastro ad un cilindro metallico isolato, che comunichi con un e-



lettroscopio E, e sia girevole per mezzo di un manubrio isolante C. Elettrizzato l'apparecchio e quindi svolta la lamina, la divergenza dell'elettroscopio diminuisce; ella cresce invece se la lamina si ravvolge maggiormente.

241. Le diverse parti di un conduttore sono in generale ben lungi dall'avere la stessa capacità per l'elettrico. Per conoscere come si distribuisca la carica nei conduttori non soggetti ad azioni elettriche perturbatrici, si fa uso di un piccolo disco di orpello o di carta dorata fisso ad un manico isolante, al qual disco si dà il nome di piano di prova. Avendo il piano di prova una piccolissima capacità per l'elettrico, possiamo supporre che messo a contatto di un conduttore elettrizzato non gli sottragga se non l'elettrico che questo ha nei punti in cui viene toccato. Se dunque si tocchino successivamente col piano di prova le diverse parti di un conduttore elettrizzato e dopo ciascun toccamento si accosti il piano medesimo ad un elettrometro o anche solamente ad un elettroscopio graduato, come sarebbe p. e. quello di Coulomb, sarà facile il conoscere quali sieno le parti di un conduttore, nelle quali la carica elettrica è maggiore o minore. Applicando questo metodo a determinare la distribuzione della carica elettrica sui conduttori di varie forme, si arriva ai risultati seguenti:

1°. In una sfera la carica elettrica è distribuita uniformemente su tutte le parti della superficie.

2°. In una elissoide la massima carica è alle estremità dell'asse maggiore, e la minima alle e-

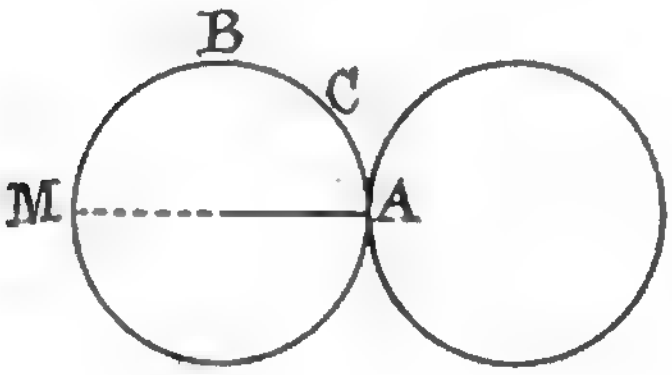
stremità dell' asse minore ; la differenza poi delle due cariche è tanto più grande, quanto più allungata è l'elissoide.

3. In un cilindro terminato da due emisferi la carica varia pochissimo nelle parti intermedie, ma cresce rapidamente verso le estremità ove si trova quasi duplicata.

4. Le superficie piane ed i corpi prismatici mostrano nelle parti intermedie una carica quasi uniforme, che va poi gradatamente crescendo verso le estremità.

5. Nelle superficie circolari la carica cresce dal centro alla periferia, ma questo aumento di carica non comincia a manifestarsi che a qualche distanza dal centro.

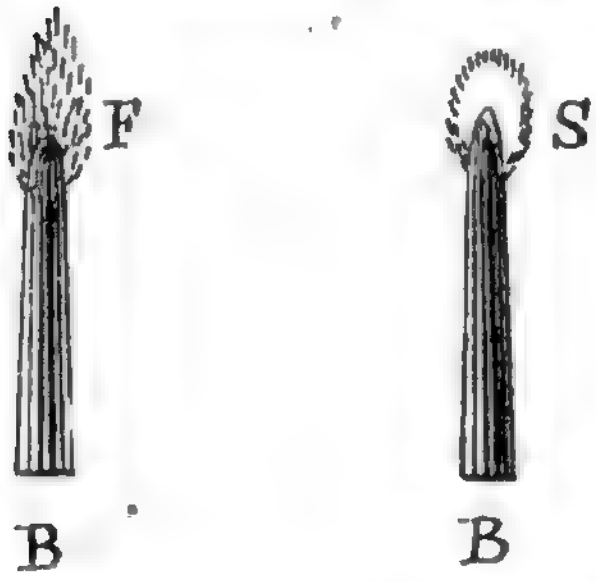
Leggi analoghe alle indicate si osservano nella distribuzione dell' elettrico nei conduttori che son posti a vicendevole contatto. Messe p. e. due palle uguali a contatto l'una dell'altra, si trova che la carica è nulla nel punto di contatto A, e che resta insensibile fino ad un certo punto C. A partire da questo punto l' elettricità va crescendo da prima rapidamente fino al punto B collocato alla distanza di 90° da A ; poi continua a crescere, ma più lentamente, fino al punto M diametralmente opposto ad A.



In una serie di palle uguali la carica elettrica va aumentandosi dalle medie alle estreme. Che se una palla piccola si metta a contatto di una grande, la carica è maggiore su ciascun punto della superficie della piccola che della grande; questa però in grazia della maggiore superficie contiene una maggiore quantità totale di elettrico.

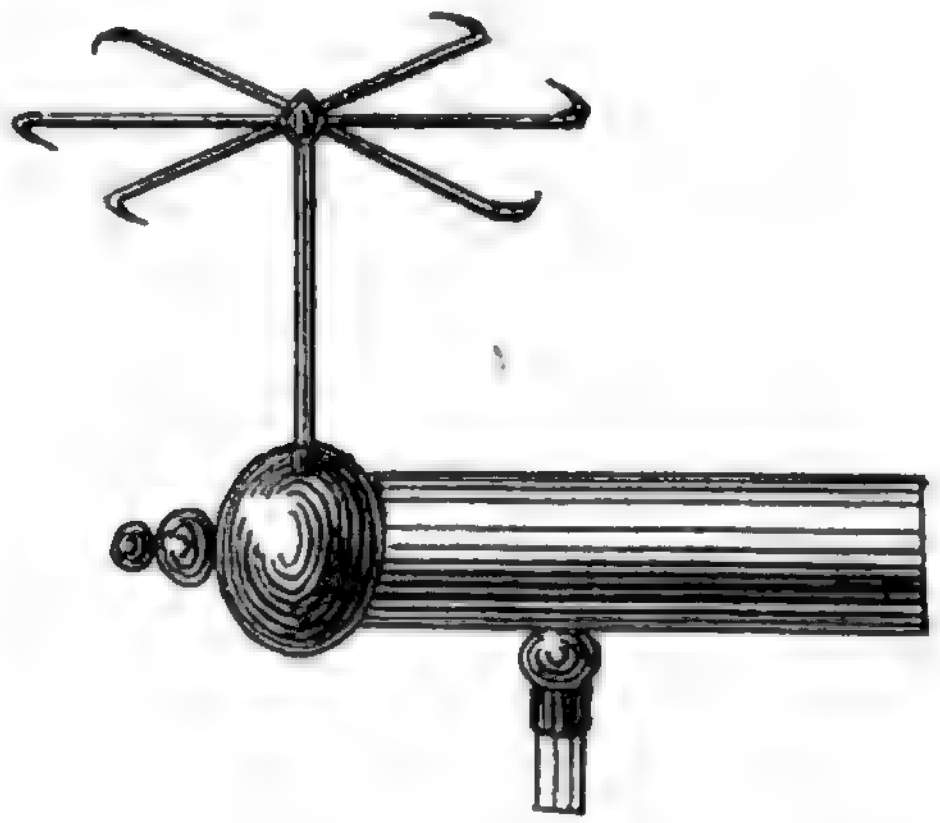
242. Ora s'intende onde avvenga che dalle parti più prominenti di un conduttore e specialmente dalle punte l'elettrico prontamente si sperda per l'aria. La carica elettrica nelle varie parti della superficie di un corpo anche perfettamente isolato dal suolo ha un limite che dipende dalla temperatura, densità e stato igrometrico dell'aria circostante. E' siccome le parti più prominenti ed acuminate di un conduttore, che si possono appunto considerare come le estremità dell'asse maggiore di un'elissoide molto allungata, sono quelle ove la carica è maggiore, perciò da esse più facilmente viene ceduto e disperso l'elettrico.

Osservando nell'oscurità un conduttore B terminato in punta un poco smussata e carico di elettricità positiva, il disperdimento dell'elettrico si manifesta sotto forma di un fascetto carico di raggi luminosi F, che dicesi fiocco elettrico, prodotto da una serie continuata di piccole scariche spesso accompagnate da un sibilo o stridore



particolare. Se il conduttore è carico di elettricità negativa, invece del fiocco, apparisce sulla punta una aureola luminosa S, che si chiama stelletta elettrica.

Tale diversità di apparenze sembra mostrare che l'elettricità negativa si sperde più facilmente della positiva. Difatto noi vediamo che se la punta è molto acuminata, il fiocco dell'elettricità positiva si trasforma in stelletta, e questa invece si trasforma in fiocco allorquando l'elettricità negativa è molto forte. Mentre l'elettricità sia positiva sia negativa si sperde per una punta, se a questa si accosti una mano, si sente un leggero venticello chiamato vento elettrico, capace di piegare e anche di estinguere la fiamma di una candela. A mostrare che il vento elettrico nasce da una corrente di aria cacciata innanzi alla punta elettrizzata si suol fare la esperienza detta del mu-



linello elettrico. Si piegano a modo di S due o più fi-

li metallici con ambedue le estremità acuminate ed u
niti assieme per i loro centri di gravità colle punte
tutte rivolte dalla stessa parte, si pongono in bilico sopra
un perno verticale collocato sul conduttore della macchi
na elettrica. Elettrizzato il conduttore, comincia il mu
linello a girare in senso contrario alle punte, ed il
moto diviene in breve sì veloce da non vedersi più
che una languida apparenza di un disco, il quale nel
l'oscurità mostrasi circondato da un cerchio luminoso.
Il movimento retrogrado delle punte mostra che l'aria
è spinta innanzi alle punte medesime, per il princi-
pio che ad ogni azione corrisponde sempre uguale e
contraria la reazione. E' poi molto probabile che la ca
usa di questa corrente di aria sia la ripulsione fra
l'aria e le punte similmente elettrizzate. Ciò viene
confermato dal fatto che se il mulinello si chiuda er-
meticamente entro una campana, il movimento pre
sto si arresta, come deve succedere se la causa del
vento è la ripulsione, non potendo questa aver luogo,
quando tutta la massa dell' aria circostante è per u-
gual maniera elettrizzata.

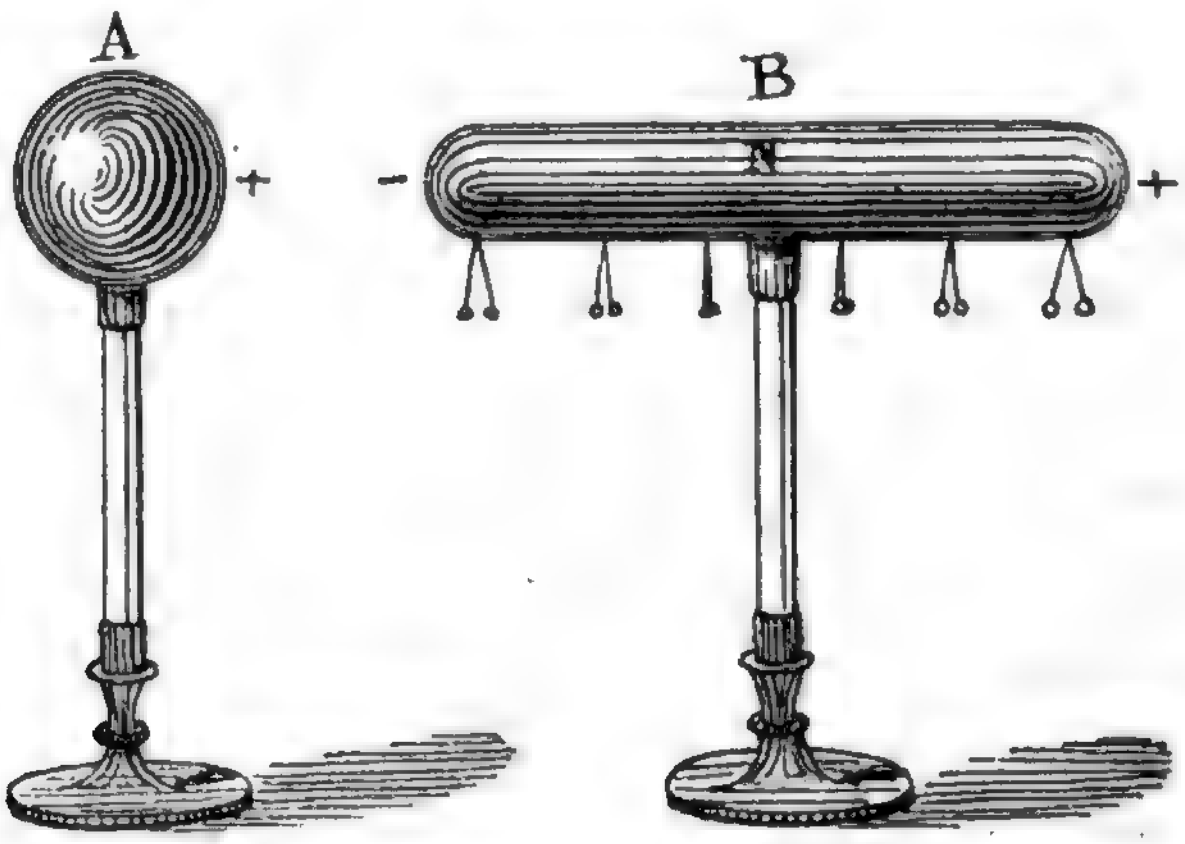
243. Il disperdimento dell' elettrico (il quale pro-
viene non solamente pel contatto dell'aria, ma anche
per le imperfezioni degli isolanti che sostengono i con-
duttori) è una causa di errore di cui converrebbe te
ner conto in tutte le sperienze che risguardano la di
stribuzione della carica elettrica. Un metodo molto buo-
no per evitar questa sorte di errori è il seguente. Si
tocca col piano di prova un punto del conduttore e
lettrizzato e poi si porta il piano all'elettrometro, da

po un tempo brevissimo ma determinato p. e. di 5" si tocca col piano di prova un altro punto del conduttore medesimo e si porta egualmente il piano all'elettrometro. Passati altri 5" si tocca di nuovo col piano di prova il primo punto e si prende il medio dei due risultati ottenuti nella prima e terza esperienza. Questo medio ci darà prossimamente lo stesso valore che si sarebbe ottenuto se si fosse potuto toccare il primo punto nello stesso tempo in cui si è toccato il secondo.

Articolo 3.

Della elettricità per influsso

244. *Un corpo A elettrizzato esercita sempre*



un'azione pel fluido elettrico esistente in qualsivoglia

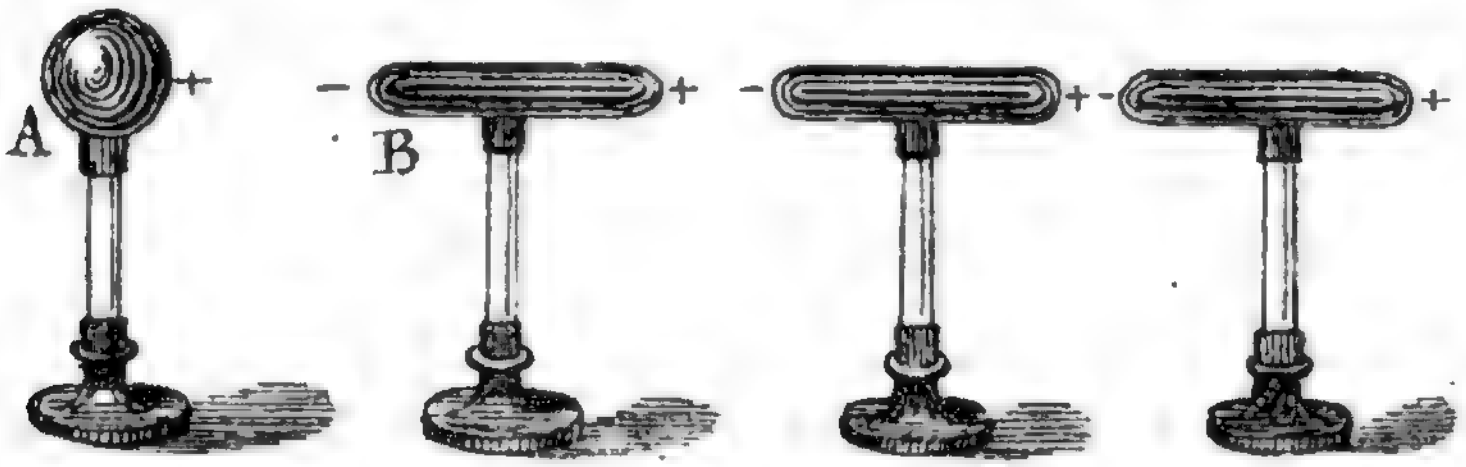
altro corpo B, che gli si trovi vicino, sia quest'altro corpo B isolato o comunichi col suolo, sia allo stato naturale, o anch'esso elettrizzato. Lo spazio entro cui il corpo elettrizzato A produce quest'azione dicesi atmosfera elettrica.

Supponiamo primieramente che B sia allo stato naturale ed isolato, e che A sia carico di elettricità positiva. Affinche' l'esperienza riesca più facile e concludente si suol dare a B la figura cilindrica e munirlo di più coppie di pendolini. Appena B si accosta ad A la divergenza dei pendolini ci avverte che anche B e' elettrizzato, ma questa elettricità non è di carica, perche' i pendolini cessano dal divergere tosto che B, rimanendo isolato, si allontana da A. Dunque B non poteva essere elettrizzato che per semplice spostamento o decomposizione del suo fluido naturale. L'elettricità in tal modo sviluppata dicesi elettricità per influsso o per induzione; ed il corpo B chiamasi corpo indotto ed A corpo inducente. Lo stesso fenomeno si osserva nel conduttore B quando A e' carico di elettricità negativa; ed in ambedue questi casi, esplorando con un piano di prova lo stato elettrico di B, si trova che la sua elettricità nelle parti più vicine ad A è contraria a quella di questo corpo, cioè negativa se A è positivo e positiva se A è negativo; nelle parti poi più lontane è omologa a quella di A. Inoltre si trova che le due elettricità indotte sono al loro massimo nelle due estremità del cilindro, e vanno poi successivamente decrescendo fino ad un punto intermedio N ove B e' in istato naturale. Il punto N dicesi pun

to neutro. La sua posizione dipende dalla intensità dell'elettrico del corpo inducente, dalla sua distanza e dalla figura e dimensioni dell'indotto. Per ordinario però questo punto non è nel mezzo del corpo indotto, ma più da presso all'inducente.

Nell'ipotesi di un solo fluido l'elettricità d'influsso si attribuisce allo spostamento dell'elettrico naturalmente esistente nel corpo indotto. La causa di tale spostamento sarebbe l'azione ripulsiva dell'elettrico dell'inducente quando questo è positivo, e l'azione attrattiva della materia per l'elettrico se l'inducente è negativo. Nell'ipotesi di due fluidi si spiega l'influsso dicendo che l'elettrico dell'inducente decompone a distanza il fluido neutro dell'indotto attraendo il negativo e respingendo il positivo o viceversa, secondo che l'inducente è carico di elettricità positiva o negativa.

245. Il corpo B elettrizzato per influsso opera sui corpi vicini non altrimenti che se fosse elettrizzato



di carica. Collocando l'uno appresso dell'altro sulla medesima retta ed alla medesima distanza più conduttori isolati, tutti questi conduttori si mostrano si-

milmente elettrizzati per influsso, cioè mostrano elettricità contraria ad A nelle parti ad esso più vicine ed omologa nelle più lontane.

246. Mentre B è nell'atmosfera elettrica di A se comunichi anche per un solo istante col suolo e poi torni isolato, l'elettricità omologa a quella di A si sperde per la terra e B rimane carico di elettricità contraria. Per ottenere una tale elettricità di carica mediante l'influsso non è necessario che la comunicazione di B col suolo si stabilisca nelle parti più lontane da A, imperocchè l'elettricità omologa essendo respinta sfugge da B per qualunque via che le si apra.

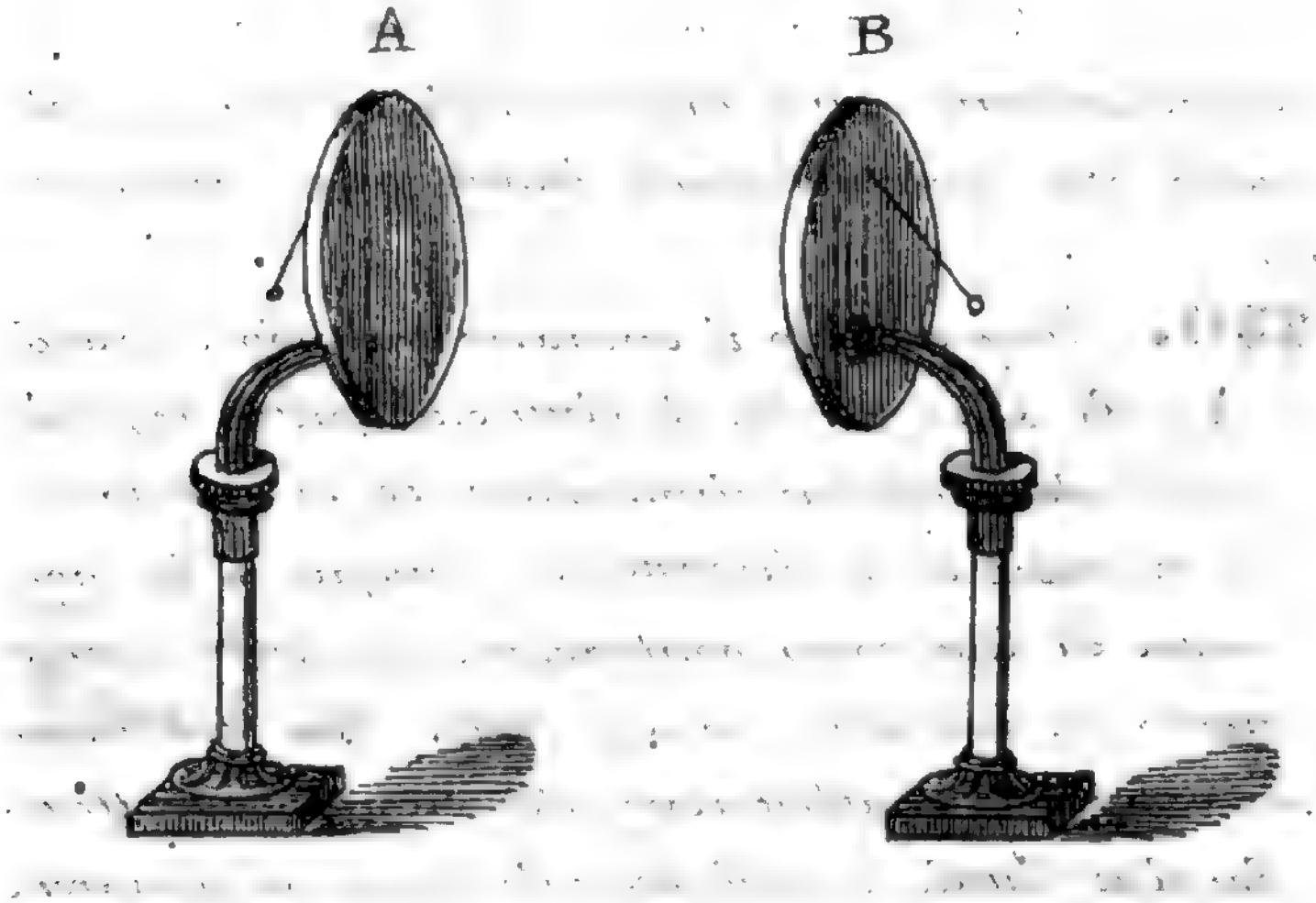
247. Che se la comunicazione di B col suolo è permanente, le sue parti più lontane da A non danno segni elettrici; solamente nelle parti più vicine si mostra l'elettricità contraria, la quale svanisce appena B è sottratto all'influsso di A. La cagione di ciò è manifesta; poichè il fluido omologo a quello di A non può rimanere sul conduttore B mentre questo comunica col suolo, e cessato l'influsso per lo stesso motivo che comunica col suolo, deve B tornare subito allo stato naturale. Questo istantaneo ritorno allo stato naturale di un conduttore non isolato chiamasi contracolpo elettrico ed è reso coidente dalla celebre sperienza del Galvani. Una rana viva, o di fresco uccisa tenuta in mano penzolone in vicinanza di una macchina elettrica, allo scaricarsi del conduttore di essa macchina si scuote e divincola, benchè non comunichi affatto col conduttore ma

sibbene col suolo. Simili commozioni nelle medesime circostanze si provano anche dall'uomo e dagli altri animali.

248. Da quanto si è detto di sopra (242) possiamo inferire che l'elettricità d'influsso deve acquistare una tensione fortissima nelle punte e nelle parti angolose dei conduttori. Ciò può provarsi accostando nell'oscurità ad un corpo elettrizzato p. e. positivamente un conduttore isolato e terminato da una parte in punta e dall'opposta arrotondato. Se si presenta al corpo elettrizzato l'estremità arrotondata del conduttore comparisce sulla punta il fiocco elettrico, e se invece si presenta al corpo elettrizzato la punta, su questa si manifesta la stelletta. Quindi è che a scaricare un corpo elettrizzato o ad impedire che si carichi basta solo presentargli a distanza anche notabile una punta che comunichi col suolo. Questo fenomeno serve a spiegare l'azione delle macchine elettriche ordinarie. Ciascuna parte del disco elettrizzato positivamente per attrito in passando avanti delle punte, elettrizza per influsso il conduttore isolato. L'elettricità positiva è cacciata nelle parti più lontane del conduttore medesimo, e la negativa sfugge per le punte e viene a neutralizzare la positiva del disco. Per quest'azione induttrice coadiuvata dalle punte resta libera sul conduttore il fluido positivo che prosegue ad accumularsi fino a tanto che la tensione elettrica del conduttore uguagli quella del disco.

249. Fin qui abbiamo sempre supposto che il

corpo indotto fosse allo stato naturale; ora esamineremo l'azione reciproca di due conduttori ambedue carichi di elettricità e collocati l'uno nell'atmosfera elettrica dell'altro. A studiare questa specie d'influs-

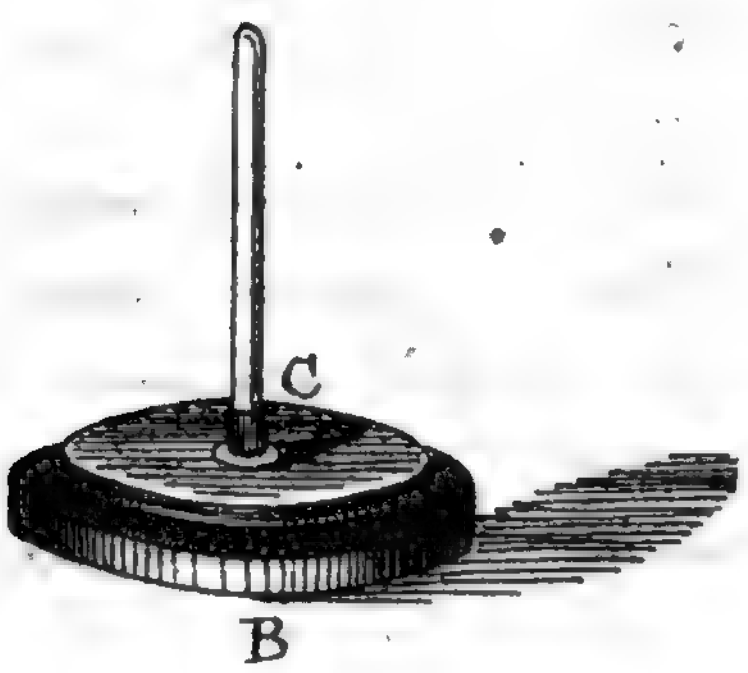


so si sogliono adoperare due dischi metallici A e B muniti di pendolini e collocati verticalmente su due colonnette di vetro bene verniciate e mobili di maniera che i dischi si possano mutuamente avvicinare ed allontanare senza che cessino mai di essere paralleli. Elettrizzati ambedue i dischi colla stessa specie di elettricità, si osserva che la divergenza dei pendolini cresce in ambedue i dischi se si accostano, e diminuisce se si discostano. Segue da ciò che A e B per mostrare una certa tensione hanno bisogno di minore quantità di elettrico quando sono vicini che quando sono lontani: dunque „ la vicinanza di due cor-

„ pi similmente elettrizzati diminuisce in entrambi „ la capacità „ . Pare che l'elettrico di un corpo respinto da quello di un altro similmente elettrizzato faccia più sforzo per uscirne e che perciò il corpo sia meno atto a ricevere nuovo elettrico. Di qui' apparisce che unendo più corpi assieme la capacità per l'elettrico del sistema sarà minore della somma delle capacità che separatamente hanno quei medesimi corpi.

250. Avviene tutto il contrario quando i due dischi A e B sono carichi di elettricità contrarie, cioè la divergenza dei pendolini diminuisce se si accostano i dischi e cresce se si discostano : dunque „ la vicinanza di due corpi contrariamente elettrizzati aumenta in entrambi la capacità „ . Un tale aumento di capacità si attribuisce alla vicendevole attrazione dei due fluidi i quali essendo spinti a portarsi su quelle parti de' dischi che sono fra loro più vicine lasciano le altre quasi allo stato naturale. Ciò che si è detto di due corpi contrariamente elettrizzati vale anche nel caso che un corpo elettrizzato A si accosti ad un altro B non elettrizzato , specialmente se questo comunica col suolo ; imperocchè acquistando B per influsso elettricità contraria a quella di A, siamo egualmente nella circostanza di due corpi vicini ed elettrizzati di elettricità contrarie. Quindi si vede onde avvenga che i pendolini di un elettroscopio cessano o diminuiscono dal divergere quando loro si accosta la mano o altro conduttore che comunica col terreno.

251. *Uno strumento fondato sulla teoria dell'influsso e che in molti casi può fare l'ufficio di macchina elettrica è quello che fu dal Volta inventato e chiamato* elettroforo. *Consiste l'elettroforo in uno strato coibente formato di una composizione resinosa versata fusa sopra un disco di legno o di metallo B. Su questo strato coibente, che chiamasi anche il mastice dell'elettroforo, riposa un altro disco C di metallo o semplicemente rivestito di una foglia metallica che dicesi* scudo. *Lo scudo deve essere di un diametro alquanto minore del mastice,*



affatto privo di scabrezze, bene rotondato all'orlo, e talmente piano da combaciare perfettamente col mastice medesimo. Un manico isolante A o tre cordoncini di seta annodati assieme servono a sollevare lo scudo senza farlo comunicare col terreno. Per elettrizzar l'elettroforo si toglie lo scudo e si comunica al mastice l'elettricità per lo più negativa percuotendolo o stropicciandolo con code di volpe o pelle di gatto ovvero con una stoffa di lana. Elettrizzato così, o altrimenti, il mastice se si copre collo scudo conserva la carica per lunghissimo tempo specialmente nell'aria asciutta. Lo scudo posto sul mastice diviene per influsso positivo sulla faccia rivolta ad esso e nega-

tivo sull' altra. Alzato per mezzo del manico isolante, lo scudo ritorna subito allo stato naturale, ma se prima di alzarlo si tocchi con una mano si scarica dell'elettricità negativa ed alzato si trova carico di elettricità positiva e dà scintilla. Riposto sul mastice, e rinnovato il toccamento, se si rialzi se ne può trarre un'altra scintilla, e così di seguito per moltissime volte. Ai toccamenti può supplire una listarella conduttrice attaccata al disco inferiore che tocchi lo scudo quando questo pose sul mastice.

252. Gli effetti dell'influsso si osservano anche nei corpi isolanti, ma la difficoltà che prova l'elettrico a muoversi in questi corpi, modifica alquanto le leggi dell'induzione. Primieramente i diversi corpi isolanti a parità di circostanze non si elettrizzano egualmente per influsso, ma la gomma lacca p. e. si elettrizza più del vetro, il solfo più della gomma lacca. Inoltre nei corpi isolanti l'elettricità d'influsso non si manifesta solamente alla superficie come nei conduttori, ma anche all'interno della massa. Anzi è molto verisimile che nei corpi isolanti l'induzione sia un fenomeno molecolare cioè che ciascuna molecula del corpo si elettrizzi positivamente da una parte e negativamente dall'altra, o, come suol dirsi, si costituisca in istato di polarità elettrica. Questo modo di concepire l'induzione dei corpi isolanti si concilia meglio colla difficoltà che ha l'elettrico di muoversi in tali corpi, ed è anche conforme all'esperienza. Se p. e. si prendano più lamine di mica sottilissime, e dopo averle soorapposte le une alle altre si ponga la pri-

ma a contatto di un corpo positivamente elettrizzato mentre l'ultima comunica col suolo; ciascuna di queste lamine, dopo averle separate per mezzo di un isolante, si trova elettrizzata negativamente sulla faccia rivolta al conduttore positivo, e positivamente sulla opposta. Da questa esperienza si deduce altresì che, sebbene abbia luogo il contatto, pure non vi è trasmissione di elettrico fra il conduttore inducente e l'isolante indotto.

Articolo 4.

Delle attrazioni e ripulsioni elettrostatiche.

253. „ **L'** attrazione elettrica si esercita solamente fra i corpi oppostamente elettrizzati „. Sembra a prima vista che i corpi allo stato naturale sieno attratti dai corpi elettrizzati; ma ciò accade perchè i corpi che diciamo allo stato naturale sono per influsso elettrizzati di elettricità contraria all'attraente. Infatti che pendolini assai avvicinati ad un corpo elettrizzato per essere attratti si respingono fra loro, e che prova che ambedue sono elettrizzati. Una sperienza che dimostra molto chiaramente l'attrazione elettrica non farsi che fra

i corpi oppostamente elettrizzati è la seguente. Sopra una lastra di vetro bene asciutta si ponga uno strato di fina segatura di legno o altri corpicciuoli molto piccoli, quindi si accosti la lastra al conduttore della macchina elettrica in azione. Se l'aria è abbastanza secca, la segatura non è attratta, come se il conduttore fosse allo stato naturale. Se però si tocchi la segatura con un filo metallico, subito si precipita sul conduttore. La ragione di ciò è manifesta: finchè manca la comunicazione col terreno, l'elettricità contraria che possono prendere per influsso que' corpicciuoli non è che debolissima; ma stabilita la comunicazione col terreno, scaricandosi la segatura dell'elettricità omologa a quella del conduttore, rimane fortemente elettrizzata di elettricità contraria. Quindi vediamo che i pendolini di sughero o di midollo di sambuco, quando sono isolati, non vengono attratti dal conduttore della macchina elettrica, se il loro diametro non supera i tre o i quattro millimetri; perchè l'elettricità contraria destata per influsso resta troppo vicina all'omologa. Ma per quanto piccolo sia il diametro di un pendolino, esso è attratto tosto che viene messo in comunicazione con il terreno.

Se il corpo attratto da un altro mantiene anche a contatto di esso l'elettricità contraria, vi è fra i due corpi adesione. Ciò avviene ai corpi isolanti per la difficoltà che prova l'elettrico ad abbandonare questi corpi. Così vediamo i pezzetti di carta e le barbe delle piume rimanere aderenti ad un bastoncel-

lo di cera lacca stropicciato. I conduttori appena venuti a mutuo contatto o tornano allo stato naturale, ovvero restano ambedue similmente elettrizzati ed allora all' attrazione succede subito la ripulsione.

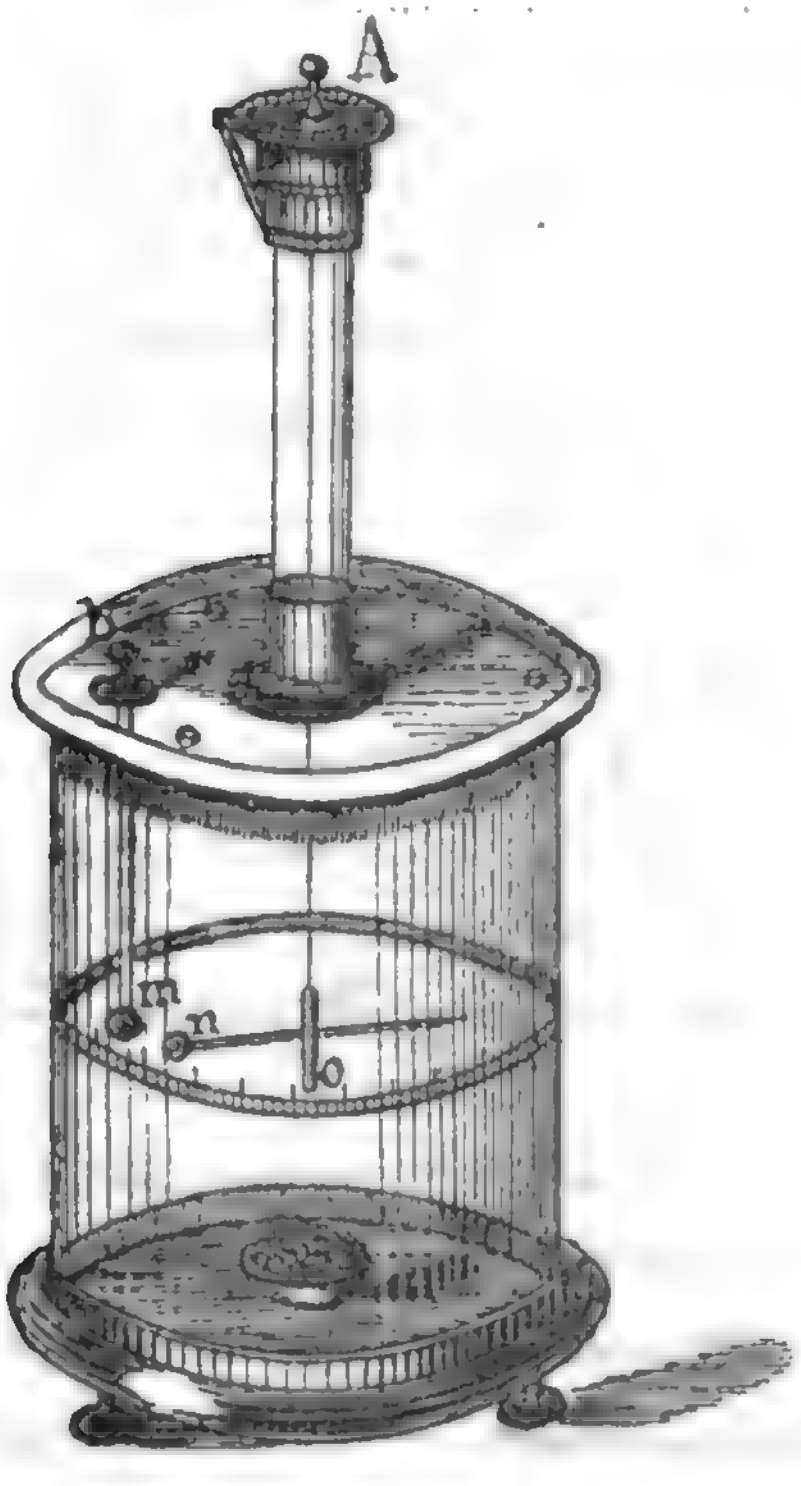
Questo avvicendarsi dell'attrazione e della ripulsione produce quel movimento oscillatorio che si osserva in una pallina conduttrice sospesa a un filo di seta e collocata fra due conduttori contrariamente elettrizzati, ovvero fra un conduttore elettrizzato e un altro non isolato. Allo stesso principio si riducono i giuochi fisici conosciuti sotto i nomi di danza elettrica, scampanio elettrico, ragno elettrico, bicchiere elettrico, ruota elettrica, &c.

254. „ La ripulsione non si opera che fra i corpi similmente elettrizzati „. Se questi hanno eguale carica e capacità, la ripulsione non si cambia mai in attrazione. Ma se uno ha carica assai maggiore dell'altro, puo' accadere che a certa distanza si respingano, e a distanza minore si attraggano, perocchè l'elettricità più forte è valevole a indurre elettricità opposta nelle parti più prossime dell'altro corpo. Per la stessa ragione a piccola distanza si può cambiare in attrazione la ripulsione che a distanza maggiore si manifesta fra i corpi di molto diversa capacità.

Tutte queste attrazioni e ripulsioni si osservano non solamente nell'aria, ma nell'olio e negli altri fluidi coibenti ed anche nel vuoto pneumatico, ove però se la carica è assai grande l'energia delle azioni elettriche è minore che nell'aria come

ne a motivo che l'elettricità si sperde più facilmente nell'aria rarefatta che nella densa.

285. A determinare le leggi delle attrazioni e repulsioni elettriche si fa uso della bilancia di torsione o di Coulomb, che in questo caso si appella bilancia elettrica. Consiste questa bilancia in una campana di vetro sormontata da un tubo verticale superiormente chiuso da un pezzo metallico. A che può girare orizzontalmente, venendo indicato da una divisione circolare il numero de' gradi o delle circonferenze che ha percorso. Al centro di questo pezzo metallico è sospeso un sottilissimo filo d'argento o di platino tenuto verticale da un piccolo peso o. Questo peso è attraversato da un ago orizzontale di vetro o di gomma lacca, il quale, come nell'elettroscopio dello stesso Fisico, porta in una sua estremità una pallina n di midollo di sambuco dorata o un dischetto di orpello. Un'altra simile pallina m attaccata all'estremità



di una sottile asta isolante scende verticalmente nella campana per un foro praticato sul suo coperchio e viene a collocarsi dirimpetto alla prima, di maniera che le due palline si possono mettere a perfetto combaciamento. Finalmente una divisione circolare, tracciata attorno alla campana, serve a misurare gli spazî angolari percorsi dall'aga orizzontale.

Per valersi di questo apparato a indagare le leggi delle azioni elettrostatiche, si comincia coll'estrarre dalla campana l'asta verticale; ed elettrizzatane la pallina m, si ricolloca a contatto dell'altra pallina n che è allo zero della divisione: quindi si osserva di quanti gradi quest'ultima si allontani dallo zero per l'elettricità ricevuta dalla prima, aspettando che abbia cessato dall'oscillare.

Ciò fatto, si torce il filo girando il pezzo metallico A a cui è fissato, fino a tanto che la distanza fra le due palline elettrizzate corrisponda ad $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, ... della distanza primitiva; e si trova che gli angoli di torsione, e per conseguenza le forze ripulsive ad essi proporzionali (30) „ variano „ prossimamente nella ragione inversa dei gradi „ drati delle distanze „.

Nello stesso modo si dimostra che „ la forza „ con che si attraggono due corpi oppostamente „ elettrizzati è in ragione inversa dei quadrati „ delle distanze „. In questo caso però prima di elettrizzare le due palline, è necessario allontanar-

le l'una dall'altra di maniera che la torsione del filo impedisca che nell'attrarsi vengano a mutuo contatto. A tal fine si discosta l'ago orizzontale di un certo numero di gradi dallo zero; quindi si elettrizzano le due palline di opposte elettricità, e variando ad arbitrio la distanza si osserva che le torsioni sono sempre inversamente proporzionali ai quadrati delle distanze medesime.

256. Resta ora che cerchiamo la legge secondo cui variano le attrazioni e ripulsioni elettriche al variare della carica de' corpi elettrizzati. A tale effetto non si ha che da toccare una delle due palle della bilancia elettrizzate con una terza palla perfettamente uguale ad esse, isolata, ed allo stato naturale. E' cosa evidente che dopo tale toccamento la carica della palla toccata sarà ridotta alla metà della carica che aveva prima. Se ora si osservi la torsione che alla medesima distanza fa equilibrio alla forza attrattiva o ripulsiva delle due palle, si trova non essere più che la metà della torsione primitiva. Nella stessa maniera se richiamasi alla metà anche la carica dell'altra palla della bilancia, la forza di torsione diventa un quarto della torsione primitiva, e così appresso; onde si ha per dimostrato che „ rimanendo la medesima distanza, le attrazioni o „ ripulsioni di due corpi sono in ragione composta delle loro cariche elettriche „. Questa legge riunita coll'altra che risguarda la distanza ci permette di esprimere la forza attrattiva o ripul-

siva F di due corpi elettrizzati colla formola

$$F = \frac{CC'}{D^2},$$

nella quale C e C' rappresentano le cariche elettriche dei due corpi e D la distanza che separa questi corpi.

257. Segue dalle cose dette, che la bilancia elettrica può servire da eccellente elettrometro. Per valersene a quest'uso la palla fissa xx si fa comunicare per mezzo di un'asta conduttrice con un bottone metallico b situato al di fuori della campana. A questo bottone si accosta un corpo elettrizzato nella stessa maniera che si pratica cogli ordinarî elettroscopî. L'elettricità è così condotta alle due palle della bilancia, che sono a contatto ed allo zero di torsione. Ricevendo ambedue le palle la stessa carica, la forza con cui si respingono sarà espressa da $F = \frac{C^2}{D^2}$. Il denominatore D^2 si può considerare come costante, da che la palla mobile si può a piacimento accostare o discostare dalla fissa, onde per un altro corpo o per un'altra parte dello stesso corpo elettrizzato si avrà $F' = \frac{C'^2}{D^2}$. Dal paragone di queste due formole risulta la proporzione

$$C^2 : C'^2 = F : F',$$

ovvero

$$C : C' = \sqrt{F} : \sqrt{F'} ;$$

dunque „ le cariche elettriche sono direttamente „ proporzionali alle radici quadrate degli angoli „ di torsione „.

Articolo 5°.

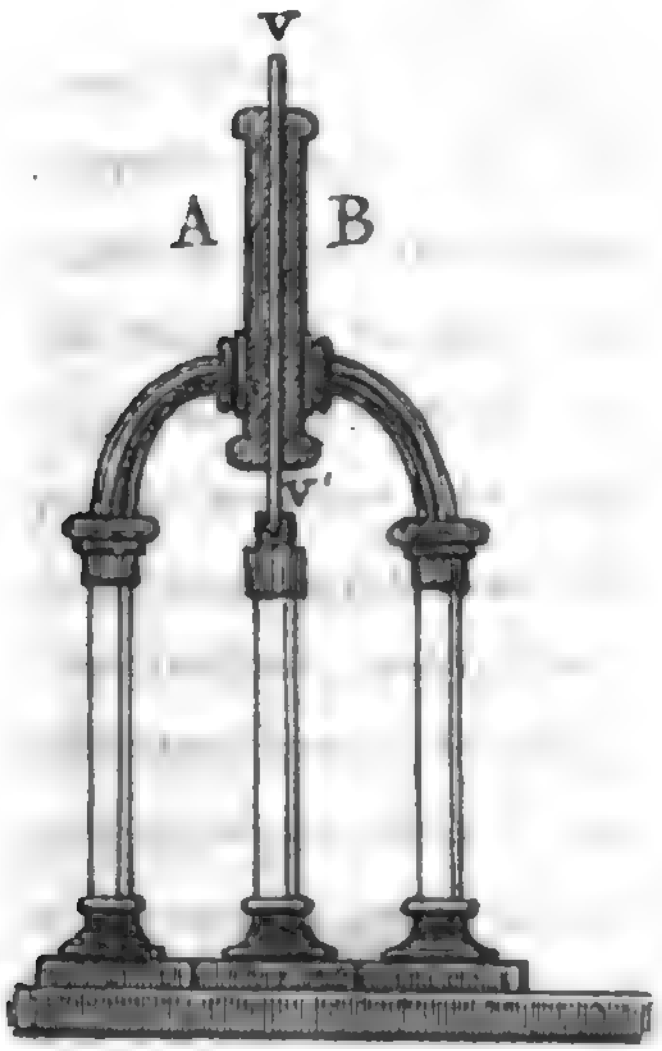
Dell'elettricita dissimulata

258. Si è già veduto (250) che la vicinanza di due conduttori oppostamente elettrizzati o che oppostamente si elettrizzano, fa crescere in entrambi la capacità per l'elettrico, occultando una porzione della loro carica. L'elettricità che per tale maniera si occulta chiamasi **elettricità dissimulata**.

La quantità di elettrico che rimane dissimulata è tanto maggiore quanto più sono fra loro vicini i conduttori oppostamente elettrizzati; e ciò perchè la mutua attrazione delle due specie di elettricità cresce nella ragione inversa dei quadrati delle distanze. Finchè l'isolante interposto fra i conduttori è l'aria atmosferica, la loro distanza non può mai divenire molto piccola, senza che le due contrarie elettricità si neutralizzino attraverso dell'aria medesima. Ma se fra due conduttori oppostamen

te elettrizzati o che oppostamente si elettrizzano in cam
bio dello strato di aria s'interponga una lastra di ve
tro o di altra sostanza che isoli perfettamente, i due
conduttori si potranno allora collocare a piccolissima di-
stanza l'uno dall'altro senza che le loro elettricità si
neutralizzino, e per conseguenza sarà grandissima la
quantità di elettrico che rimane in ciascuno di essi dis
simulata.

Segue da ciò che, se due conduttori A e B framezza
ti da una sottile lastra isolante VV' si accostino ad u
na macchina elettrica per
modo che mentre uno di
essi p. e. A riceve l'elettrico
dalla macchina, l'altro B
comunichi col suolo, am-
bedue questi conduttori
acquisteranno una carica
elettrica molto maggiore di
quella che acquisterebbero
se formassero un solo con-
duttore senza l'interposto i
solante. Siffatti sistemi di
conduttori framezzati da op
portuni coibenti si appella
no condensatori o coibenti
armati, e si dà il nome di armature ai conduttori che
li compongono.



Una prova sensibile della molta carica di cui sono ca
paci i coibenti armati si può avere col mettere una
mano in comunicazione coll'armatura non isolata col

avvicinare quindi l'altra all'armatura isolata; prima che la mano arrivi a toccare quest'ultima armatura si vedrà scoccare fra essa e la mano una viva scintilla accompagnata da una spiacevole sensazione nelle giunture delle braccia e da una involontaria contrazione nei muscoli, effetto che non può per ugual modo ottenersi dai conduttori semplici sempreché non sieno enormemente grandi. Chiamasi questo effetto la scossa elettrica. Qualora non si voglia ricevere la scossa, basterà prendere un filo metallico un po' grosso, e dopo averne applicata una estremità all'armatura non isolata, avvicinare l'altra all'armatura isolata; si vedrà parimenti scoccare fra l'armatura ed il filo una scintilla assai più viva e fragorosa di quella che scocca da un conduttore semplice ugualmente esteso, e caricato alla medesima sorgente di elettricità. In cambio di un filo metallico per ottenere la scarica dei coibenti carmati si suole adoperare il così detto eccitatore cioè un arco conduttore terminato da due palle e sostenuto da uno o due manici isolanti; una snodatura praticata nel mezzo dell'arco permette di variare a piacimento la distanza delle due palle.

Ma per ottenere la scarica di un coibente armato non è necessario che le due armature si facciano comunicare tra loro per mezzo di un arco conduttore. Basta che

le due armature si mettano in comunicazione con due conduttori, anche separati l'uno dall'altro, purché sieno estesissimi. La grande capacità di questi conduttori farà sì che le armature perdano all'istante le loro cariche.

La distanza fra le due armature A e B non potendo divenire minima, l'elettricità che riceve A dalla macchina non rimane mai completamente dissimulata. Quindi avviene, che se accostisi ad A un conduttore se ne trae una piccola scintilla. Diminuita così la carica di A, se anche l'armatura B sia isolata, resta in questa libero quel tanto di elettrico che era dissimulato dalla carica perduta da A, onde potremo trarre anche da B una scintilla, che alla sua volta renderà libera una novella porzione della carica di A, e così appresso finché tutta sia esaurita la carica in ambedue le armature. Se ad elettrizzare il coibente armato siasi adoperata una buona macchina elettrica, le due armature possono continuare a cedere alternativamente l'elettrico per più centinaia di volte prima che sieno del tutto scariche; ma la quantità di elettrico che cedono va gradatamente scemando da una volta all'altra. Ad una siffatta maniera di scaricare i coibenti armati si è dato il nome di scarica per alternazione.

259. Non fa bisogno di altro per intendere che la carica di un coibente armato non può oltrepassare un certo limite; imperocchè se ad ogni nuova quantità di elettrico che l'armatura A riceve dalla macchina una parte ne rimane sempre libera, dovrà questa fi-

nalmente divenire tale da comunicare da se sola a ciascun punto di A una tensione elettrica uguale a quella della macchina, ed allora non sarà più possibile che A riceva dell'altro elettrico, se non cresca l'energia della sorgente. Ma l'elettrico d'ordinario cessa di accumularsi in un coibente armato anche prima che arrivi questo limite; e ciò per varie cagioni, delle quali le più comuni sono

1°. La dissipazione dell'elettrico per mezzo dell'aria.

2°. Il trascorrimento dell'elettrico medesimo sulla parte non armata del coibente.

3°. La rottura del coibente.

Appena si è comunicata un poco di elettricità alla armatura isolata di un coibente, subito una porzione di questa elettricità si sperde per l'aria circostante che non è mai perfettamente isolante. Questo sperdimento al crescere della tensione si rende a mano a mano più abbondante finchè giunge ad uguagliare la quantità di elettrico che l'armatura riceve dalla macchina. In questo caso lo sperdersi dell'elettricità spesso si manifesta sotto forma di un getto visibile nell'oscurità e accompagnato da un sibilo particolare.

Per lo stesso motivo dell'imperfetto isolamento una porzione dell'elettrico accumulato sulle due armature si neutralizza trascorrendo sulla superficie del coibente dall'una all'altra di dette armature. Un siffatto trascorrimento si effettua per lo più lentamente senza strepito nè luce; ma talora si fa rapidamente, mediante una o più fragorose scintille che scaricano in un istante il coibente armato. Questa scarica si

appella scarica spontanea.

In fine quando si continua lungamente a caricare un coibente armato, essendo ottime le circostanze atmosferiche ed ottimo l'isolamento sulla superficie non armata del coibente, arriva di frequente un punto in cui il coibente si rompe o e' forato. Nel traforamento o rottura dei coibenti ha gran parte la natura stessa del coibente. Il vetro di pasta ben purgata ed uniforme resiste assai bene a forti cariche elettriche; laddove altre qualita' di vetro facilmente sono forate dall'elettrico, e il forellino e' qualche volta si' piccolo da non potersi scorgere ad occhio nudo. Nel solfo e nelle sostanze resinose in generale le elettricita' si aprono il passaggio facendovi molte piccole fenditure. Vi hanno poi dei coibenti piu' imperfetti come il legno secco, il carbone &c., che armati, sotto forti tensioni si lasciano attraversare dall'elettrico anche senza sensibile rottura.

260. A compimento della teoria dei coibenti armati si vuole aggiungere che l'ufficio dell'isolante solido non e' solo di rendere possibile un maggiore avvicinamento delle due armature. Primieramente l'isolante solido elettrizzandosi per influsso, anche a parita' di distanza rende piu' efficace la mutua induzione delle armature, e con cio' viene ad accrescere la quantita' di elettrico dissimulato. Inoltre „ l'isolante „ solido e' la sede precipua su cui si accumulano „ le due opposte elettricita' „. A provare questo fatto si prendono due lamine di metallo ben piane, e si applicano alle due superficie di una lastra di ve-

tro anche essa ben piana ed alquanto più grande del le lamine metalliche, quindi si caricano queste armatu re mobili nel modo che si pratica colle armature fisse, cioè ponendone in comunicazione una colla macchina e- lettrica, l'altra col terreno. Ciò fatto per mezzo di un iso- lante si tolgono ambedue le armature, che accostate ad un elettroscopio appena danno qualche debole segno di elettricità, laddove la lastra di vetro si mostra fortemen te elettrizzata di elettricità positiva sulla faccia su cui riposava l'armatura positiva, e di elettricità negativa sull'altra. Di più se le due armature, dopo scaricate dell' elettricità che avevano seco portata nell'allontana mento, vengono di nuovo rimesse al loro luogo se ne ottiene una forte scossa, indizio evidentissimo della molta elettricità che era rimasta aderente alle super ficie del vetro. Le armature dei coibenti servono dun que principalmente a distribuire l'elettrico sui diver si punti del coibente nell'atto della carica, ed a racco- glierlo nell'atto della scarica.

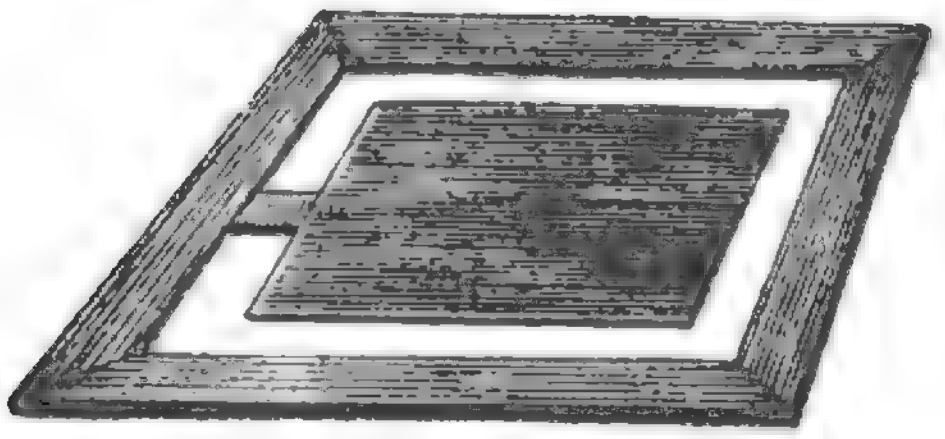
261. Riguardo alla scarica conviene però osserva re, che per quanto intimo sia il contatto fra il coiben te e le sue armature, allorchè queste si mettono in co- municazione, il coibente non cede mai per intero la sua carica. Infatti se qualche tempo dopo scaricato un coibente armato si facciano di nuovo comunica- re fra loro le sue armature, noi otteniamo sempre una seconda scarica, e possiamo quindi ottenerne una ter za, una quarta e più altre, tutte successivamente de- crescenti in energia. Siffatti residui delle scariche si debbono in parte attribuire alla difficoltà che prova

l'elettrico ad abbandonare i coibenti, ed in parte al lento regresso dell'elettrico che durante la carica può esser penetrato a qualche profondità nell'interno dell'isolante. Una prova che l'elettrico comunicato alla superficie di un corpo isolante vada lentamente ad inoltrarsi anche al disotto della superficie medesima, l'abbiamo nella seguente sperienza. Fra due armature mobili si ponga uno strato di gomma lacca; si elettrizzi il coibente armato che ne risulta, e si lasci per qualche tempo così elettrizzato. Facendo quindi comunicare assieme le due armature, si scarichi l'apparato, e poi si tolgano prontamente le armature dall'isolante. Se ora si esplori lo strato di gomma lacca si trova allo stato naturale; ma se dopo qualche tempo torneremo ad esaminarlo, troveremo le sue facce elettrizzate delle elettricità che aveano le armature. Questo fatto non si può spiegare altrimenti che ammettendo una lenta penetrazione dell'elettricità nello interno del coibente, durante la carica delle armature, ed un egualmente lento ritorno della stessa elettricità alla superficie del coibente dopo scaricate le armature.

262. I coibenti armati hanno due usi, cioè servono ad accumulare una grande quantità di elettrico, e valgono a rendere sensibili le cariche che per essere debolissime non si manifestano agli elettroscopî ordinarî. I coibenti armati della prima specie si riducono al quadro magico o franklíniano ed alla boccia di Leida.

Il quadro franklíniano consta di una lastra pia-

na di vetro, armata in ciascuna delle sue facce di una foglia metallica ordinariamente di stagno. Una



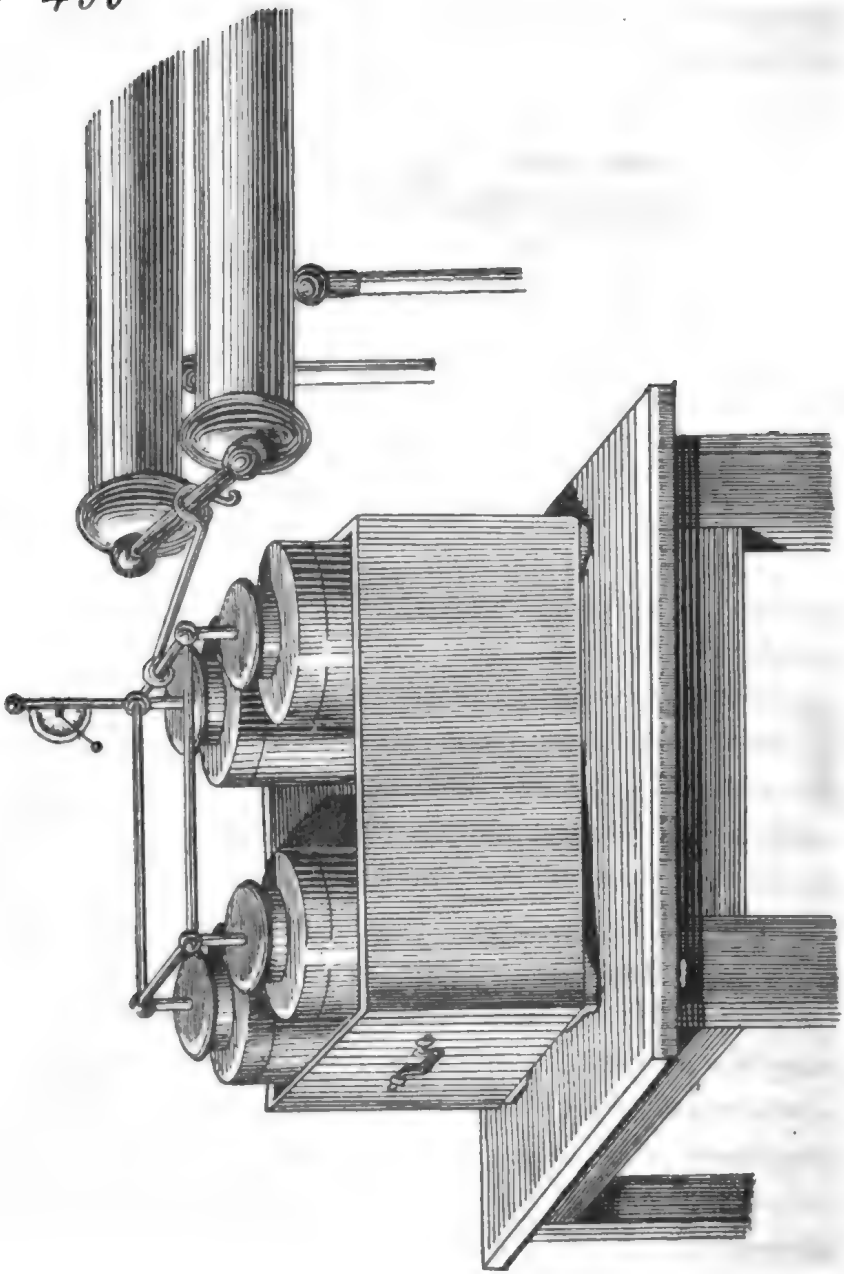
di queste armature cioè quella che si vuole far comunicare colla macchina deve avere tutto all'intorno uno spazio scoperto cioè privo di armatura, ed affinché l'isolamento sia maggiore, giova che questo spazio sia rivestito di una vernice coibente. L'altra armatura cioè quella che si pone in comunicazione col terreno si suol fare alquanto più grande dell'altra, perchè più copiosamente vi si accumuli l'elettricità contraria. Invece del vetro si può far uso di altri coibenti: ma in generale si è trovato che, ad eccezione della mica o talco, quello che serve meglio è il vetro. Qualche volta alle foglie metalliche si sostituisce una polvere metallica che si fa aderire al vetro con della gomma. Risulta da ciò che quando la scarica si opera nell'oscurità tutto il quadro apparisce illuminato per le scintille che scoccano ovunque le armature presentano qualche interruzione.

La bocca di Leida può riguardarsi come un quadro franklinian o ripiegato e ridotto alla forma di cilindro. Per costruirla si prende una bocca di ve-

tro di una pasta omogenea, senza bolle né nodi, di pa
reti piuttosto sottili, e se ne riveste esternamente il ve

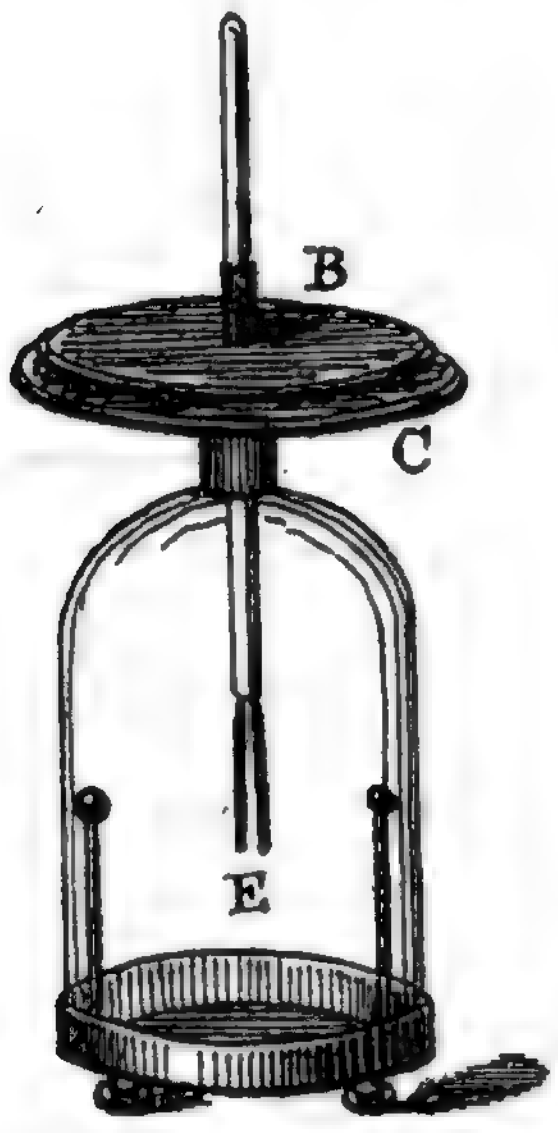
tre con della foglia di stagno incollandovela con della pasta. Il collo, che è bene sia lungo, si lascia senza armatura, ed invece si riveste di cera lacca o di altra materia coibente, la quale vi si fa aderire mentre il vetro è ben caldo, onde escludere l'umidità. L'interno della boccia si copre parimenti di foglia metallica, ovvero vi si introduce della limatura di metallo o anche dell'acqua, la quale è bene sia salsa, perchè più conduttrice. Attraverso il turacciolo di sughero o di legno che deve chiudere la boccia si fa passare una verghetta metallica che con una sua estremità tocchi l'armatura interna, e coll'altra sporga fuori della boccia e termini in una pallina metallica a cui si dà il nome di pomo, bottone ovvero uncino della boccia.

La quantità totale di elettrico che si può accumulare in una boccia di Leida mediante una data cor-



gente di elettricità dipende dalla estensione delle sue armature. Per dare alle armature una estensione assai grande, senza bisogno di fiaschi enormi, si uniscono assieme più bocce stabilendo una comunicazione metallica fra tutte le armature interne, ed un'altra simile comunicazione fra tutte le armature esterne. Siffatte riunioni di bocce diconsi batterie elettriche; colle quali si uccidono gli animali, si arroventano, fondono e volatizzano de' fili metallici, si spezzano molti corpi che conducono male l'elettrico, e si ottengono altri effetti dei quali parleremo nel Capo III.

263. I coibenti armati che servono a rendere sensibili le cariche elettriche che per l'estrema loro debolezza sfuggirebbero ai nostri sensi si sogliono chiamare **condensatori**. Per costruire un condensatore si prendono due dischi metallici ciascuno del diametro di 15 o 20 centimetri, perfettamente piani, cogli orli rotondati e colle facce che debbono sovrapporsi ricoperte di un sottilissimo strato di vernice molto isolante. L'estrema sottigliezza di questo strato rende l'apparato efficacissimo a produrre i fenomeni d'influsso senza che vi sia gran pericolo che l'elettrico passi da un disco all'altro non doven-

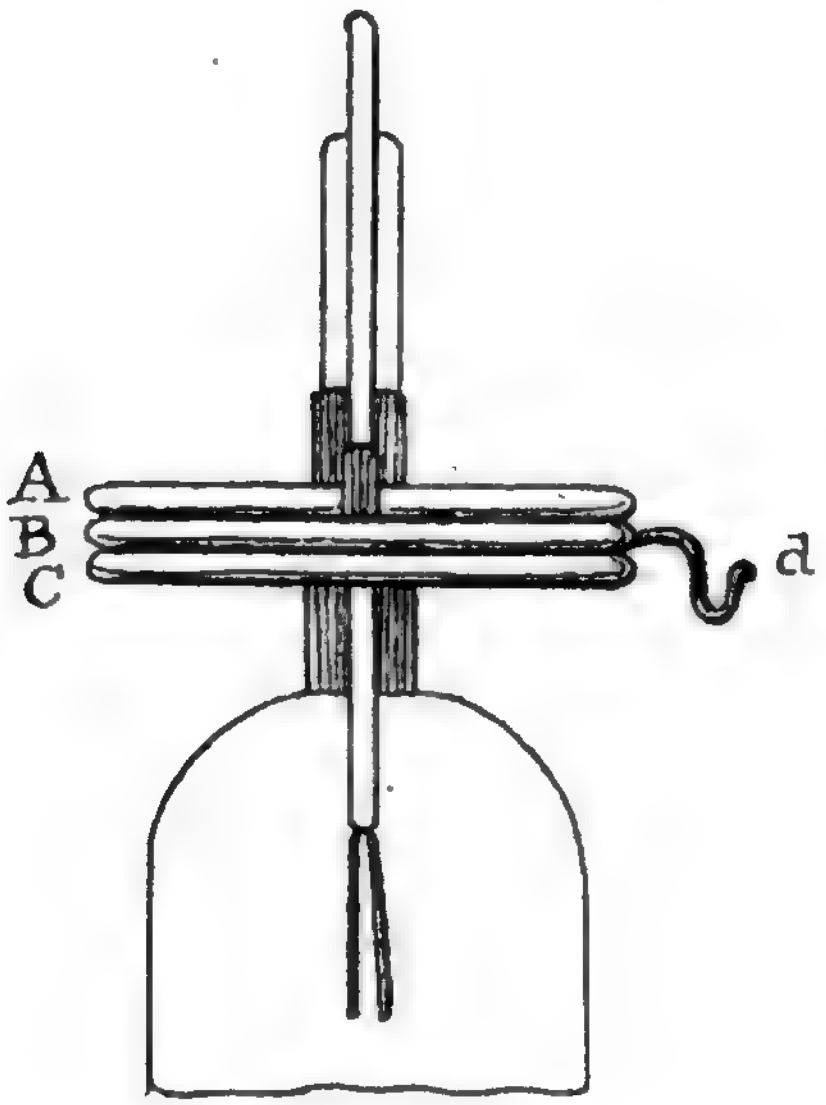


dosi adoperare il condensatore che per le cariche di de bolissima tensione. Per lo più i due dischi si tengono orizzontali ed isolati dal terreno per mezzo di sostegni o di manici coibenti. Il corpo di cui si vuole esplorare l'elettricità per lo più si pone a contatto del disco superiore B che in tal caso prende il nome di collettore, e nello stesso tempo si tocca con un dito bagnato l'altro disco C per metterlo in comunicazione col terreno. La vicinanza dei due dischi che oppostamente si elettrizzano fa crescere in entrambi la capacità per l'elettrico; donde risulta che il collettore per mettersi ad equilibrio di tensione col corpo elettrizzato sottrae a questo quasi tutta la sua carica. Tolta la comunicazione col terreno, e separati i due dischi, cessa quella grande capacità e si hanno sensibilissimi segni di elettricità, sebbene questi segni non si avessero immediatamente dal corpo elettrizzato.

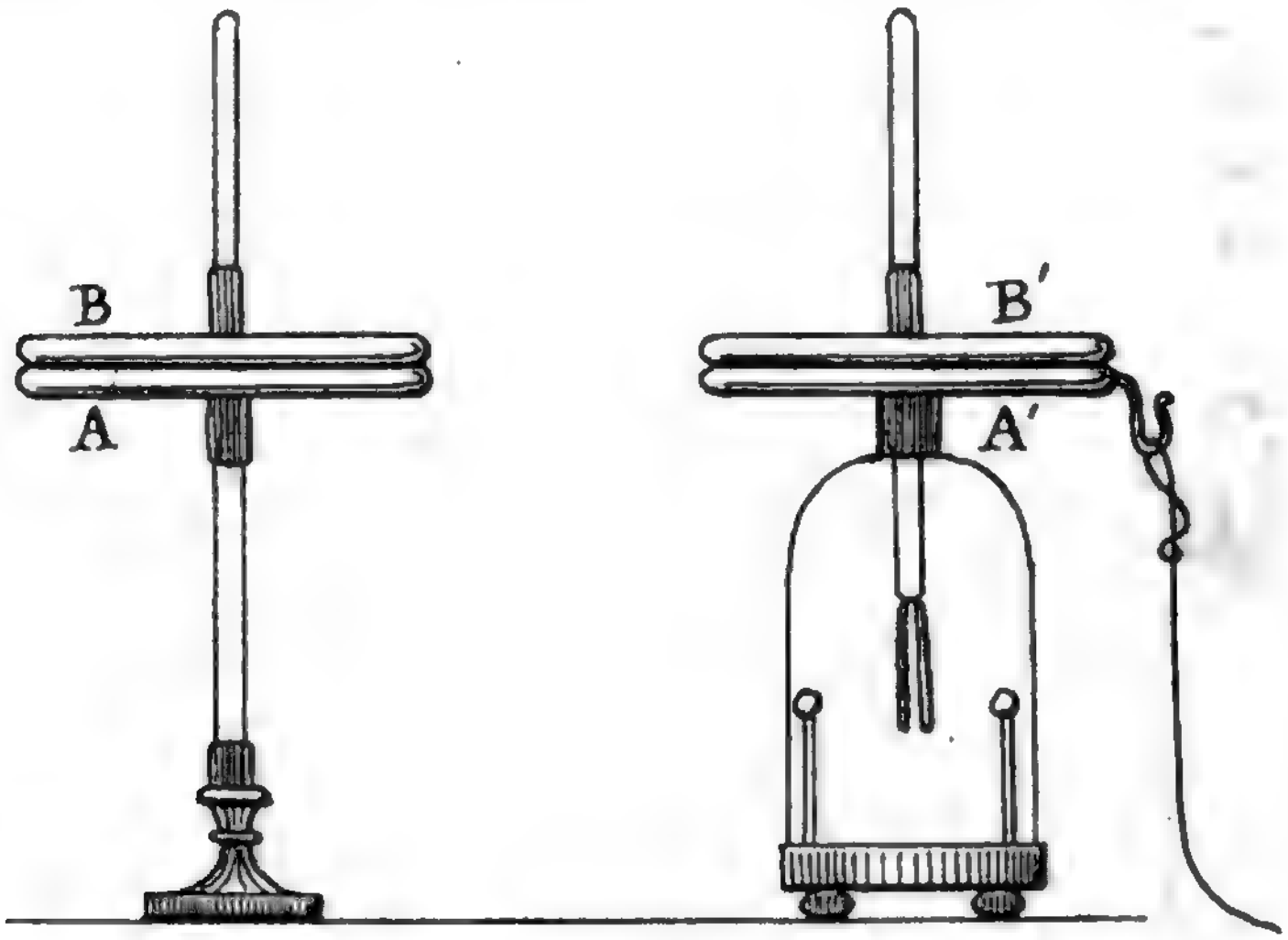
Per lo più al condensatore si aggiunge un elettroscopio E a pagliette o foglie d'oro, unendo al cappello di questo elettroscopio l'inferiore disco del condensatore, e sovrapponendovi l'altro munito di un manico isolante. Se il disco inferiore fa ufficio di collettore si tocca col dito il superiore; e se invece serve da collettore il disco superiore, si fa comunicare col terreno l'inferiore, che si carica di elettricità opposta a quella del corpo, su cui si sperimenta e mostra questa sua carica per mezzo dell'elettroscopio, dopo tolta la comunicazione col terreno e dopo alzato il disco superiore.

Il condensatore si può rendere più efficace aggiun

gendovi un terzo disco frapposto agli altri due. Anche in questo caso il disco inferiore C è unito al cappello di un elettroscopio. Il secondo disco B è coperto di vernice in ambedue le facce e lateralmente munito di un'appendice metallica d che serve a farlo comunicare col terreno. Sopra questo è collocato il terzo disco A, che ha nel centro un foro circolare su cui si erge un cannello di vetro il quale serve di manico isolante per sollevarlo, e lascia libero il passaggio al manico parimenti isolante del secondo disco B. Ecco in qual modo si fa uso di un tale apparato. Si pone il corpo elettrizzato a contatto del disco A, e il disco B si fa comunicare col terreno. Tolta questa comunicazione, si alza il disco A, e si mette C in comunicazione col terreno. Ripetuta più volte la medesima operazione, si alzano ambedue i dischi A e B, e si trova C fortemente carico di elettricità, la quale è della stessa natura di quella del corpo elettrizzato, per la ragione che è contraria a quella del disco B.



In cambio di un condensatore a tre dischi in molte operienze riesce più comodo e vantaggioso l'uso



di due condensatori adoperati nel modo seguente. Sieno A, B i dischi, ambedue isolati, dell'un condensatore; ed A', B' quelli dell'altro, e di questi sia A' annesso all'elettroscopio. Si comincia col porre il corpo elettrizzato a contatto del disco A, e il disco A' in comunicazione col terreno; quindi con un dito bagnato si tocca momentaneamente la superficie superiore del disco B e poscia, levato il dito, si alza esso disco e si mette in perfetta comunicazione con B': si riporta quindi esso B su A, lo si tocca di nuovo col dito e di poi si trasporta una seconda volta a contatto di B'; e così si prosegue per un gran numero di volte. Con ciò si ha un

fine nel disco A' una grande quantità di elettricità contraria a quella di A, trasportatavi da B ne' varî contatti, senza che il corpo elettrizzato debba somministrare altro elettrico ad A. Questa elettricità poi accumulata in A' si rende sensibile coll'alzare il disco B, dopo di avere tolta la comunicazione di A' col suolo.

Capo III.

Elettro-Dinamica

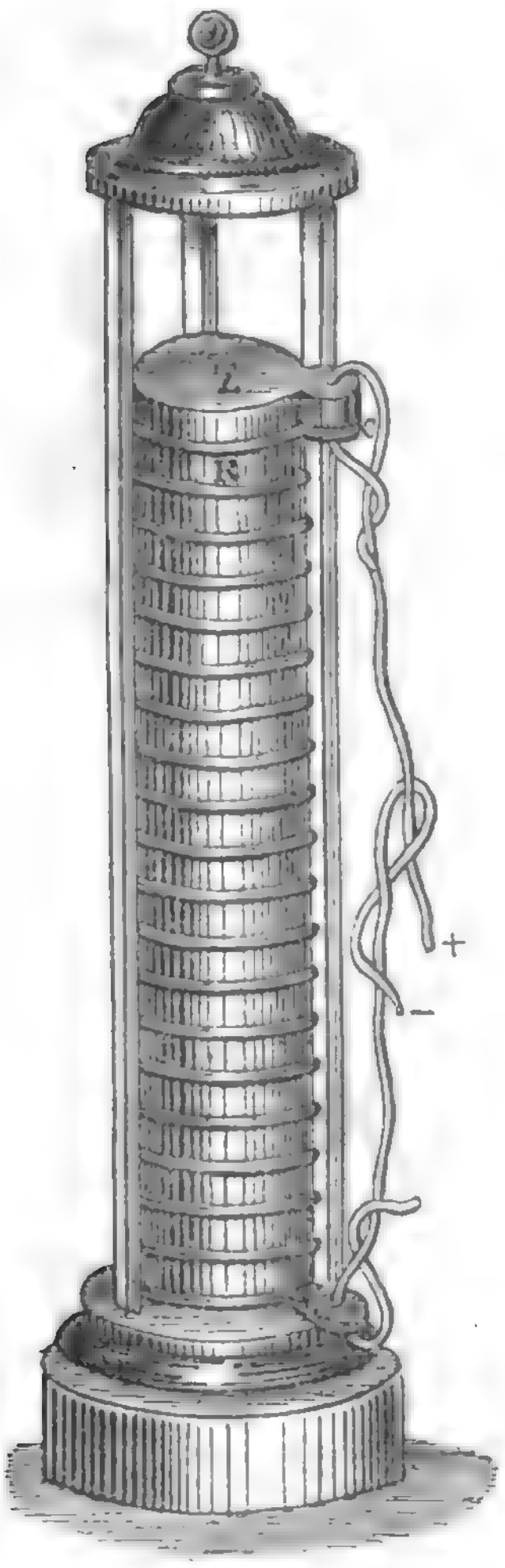
SEBBENE le scariche dei coibenti armati e qualunque altro istantaneo ristabilirsi dell'equilibrio elettrico fra due corpi oppostamente elettrizzati sieno fenomeni di elettricità dinamica; pure, come già indicammo (233), a favellare con termini più ristretti, si dà un tal nome solo a quei fenomeni nei quali la neutralizzazione delle due forze elettriche si fa in una maniera continua; ed allora il corpo attraverso il quale si opera una tale neutralizzazione dicesi animato o percorso da corrente elettrica. Nell'elettro-dinamica si tratta delle mutue attrazioni e ripulsioni che si manifestano fra le correnti elettriche, dei fenomeni del magnetismo, e dell'azione indattrice delle correnti elettriche, delle calamite e della Terra.

Articolo 1°.

Della pila di Volta

264. L'apparato che più commemente si usa

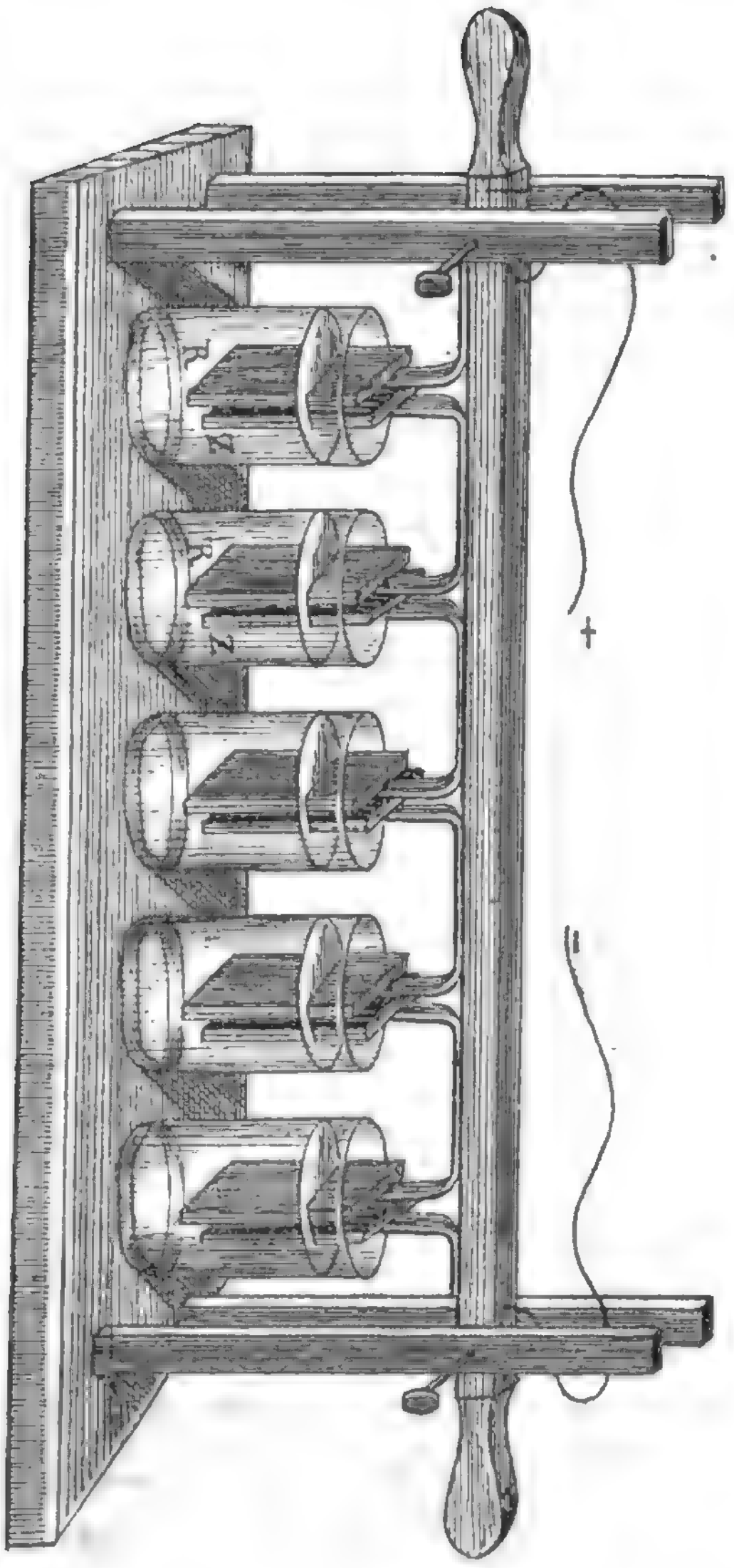
per ottenere le correnti elettriche è la pila od elettro – motore di Volta. La prima forma che fu data alla pila dal suo celebre inventore il Volta consiste in una colonnetta (e però fu detta pila a colonna) formata da una serie di coppie di due metalli, che comunicano una coll'altra per mezzo di conduttori umidi. I due metalli che costituiscono la coppia per lo più sono un disco di rame R ed uno di zinco Z semplicemente sovrapposti o saldati assieme con qualunque saldatura metallica. Il conduttore umido C che si frappone a ciascuna coppia è un disco di cartone o di panno un poco minore dei dischi metallici ed inzuppato nell'acqua salsa od acidulata. Nel collocare le varie coppie una sopra dell'altra bisogna diligentemente avvertire che i metalli sieno similmente disposti, cioè che il rame stia sempre sotto e il zinco sopra o per contrario. Costruita così la pila ed isolata dal terreno mediante una lastra di vetro, si trova carica di elettricità positiva nell'estremità che termina con un



disco di zinco, e di elettricità negativa nell'altra che termina con un disco di rame. Queste due estremità si appellano poli, cioè quello polo positivo e questo polo negativo. Se i due poli si facciano comunicare tra loro per mezzo di un conduttore, le due opposte elettricità si neutralizzano, ma nello stesso tempo la pila torna di nuovo a caricarsi, di maniera che la neutralizzazione delle due elettricità nel conduttore che comunica con ambedue i poli della pila è sensibilmente continua.

Ai conduttori che servono a stabilire la comunicazione fra i due poli di una pila si dà il nome di reofori od elettrodi, e si appella reoforo od elettrodo positivo quello che è annesso al polo positivo, e reoforo od elettrodo negativo quell'altro che è annesso al polo negativo.

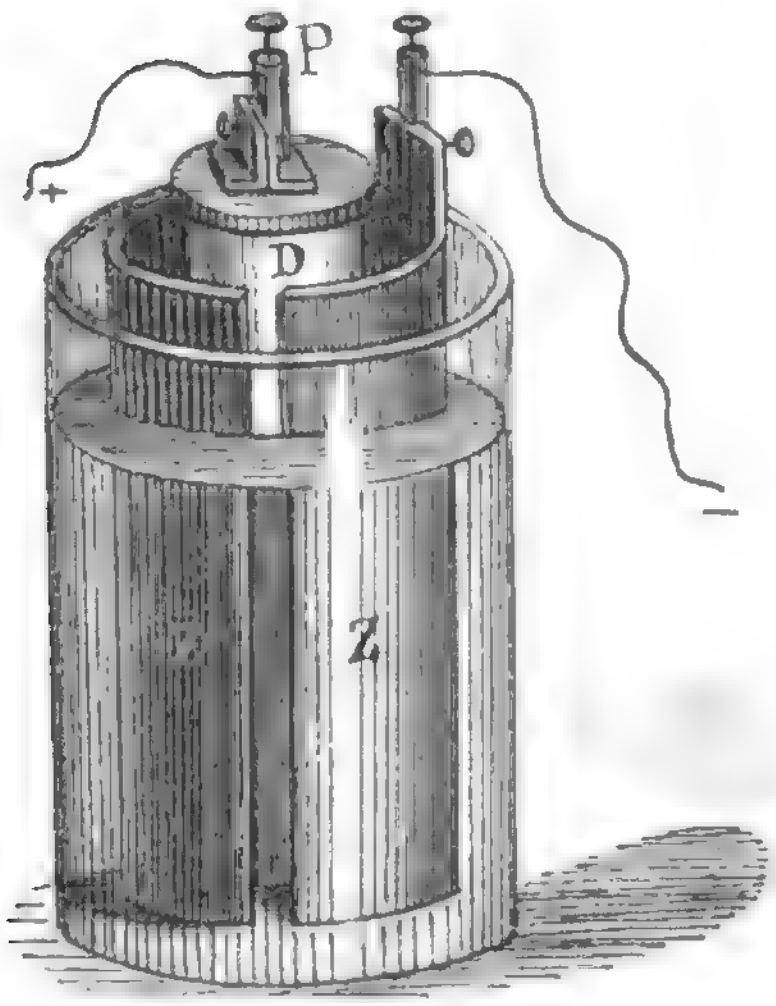
Siccome tutto l'artifizio nella costruzione della pila consiste nel frapporre alle coppie metalliche un conduttore umido, così ben presto s'immaginarono altre forme di pile più comode e più vantaggiose. Volta stesso dopo avere osservato non essere necessario che il rame ed il zinco di ciascuna coppia sieno a contatto su tutta l'estensione della loro superficie, ma bastare solamente che lo sieno in qualche punto, immaginò la pila a corona di tazze. Disposto un certo numero di tazze o di bicchieri uno appresso dell'altro e riempitili di soluzione acida o salina, si fa comunicare il liquido di un vasello con quello del vicino per un arco composto di due lamine una di zinco e l'altra di rame saldate assieme in un punto qualunque dell'ar-



co medesimo. Anche in questo modo si ottiene uno strato liquido fra il zinco di una coppia ed il rame della seguente, senza che il rame ed il zinco di una medesima coppia peschino mai nel liquido di uno stesso vasello. Affinché riesca più facile il metter questa pila in attività le coppie metalliche si sogliono raccomandare ad un medesimo sostegno isolante, per cui mezzo tutte ad un tempo si possono immergere nei sottoposti vasselli, o, ciò che torna lo stesso, in una cassetta rettangolare di legno internamente vestita di

mastice e divisa in tante cellette contenenti la soluzione acida o salina. Ma queste diverse forme della pila e le molte altre che ad esse si riducono hanno comune il difetto che scemano rapidamente di forza per modo che l'energia della corrente da esse prodotta non si mantiene costante che per un tempo brevissimo.

265. Affine di ottenere una corrente costante per un tempo più lungo si sono imaginate altre forme di pile delle quali le più comunemente in uso sono quelle che dai nomi dei loro inventori si appellano di Grove, di Bunsen e di Daniell. In ciascuna di queste pile i metalli che costituiscono la coppia pescano in due liquidi differenti, epperò si dicono pile a due liquidi. Nella pila di Grove i metalli sono il platino ed il zinco amalgamato, cioè coperto di uno strato di mercurio. Il zinco Z pesca nell'acido solforico allungato di 10 a 20 volte il suo volume di acqua, ed il platino P nell'acido nitrico o puro o diluito ovvero misto all'acido solforico. I due liquidi sono separati l'uno dall'altro da un diaframma poroso D cioè da un vaso di terra non verniciata che permette ai liquidi di comunicare fra loro, ma im-



pediscono il troppo rapido loro mescolarsi.

La pila di Bunsen non differisce da quella di Grove se non in ciò che il platino è rimpiazzato dal carbone. La specie di carbone che meglio soddisfà all'uopo è il coke, e particolarmente quello durissimo e molto denso che si deposita sulle pareti delle storte nella distillazione del carbon fossile.

Nella pila di Daniell i due metalli sono il rame ed il zinco amalgamato, ed i liquidi l'acqua salsa od acidulata pel zinco ed una soluzione satura di solfato di rame per il rame. Il diaframma poroso non è necessario che sia di terra, ma può essere un sacchetto di membrana animale, un vasello di legno o di altra sostanza molto porosa e inalterabile a contatto degli acidi diluiti. La soluzione di solfato di rame si mantiene satura, ponendo in essa dei cristalli di solfato di rame, che somministrano al liquido tanto sale quanto la corrente ne decompone.

Riguardo a queste tre forme di pila conviene notare che la forza della corrente è maggiore in quella di Grove, quindi viene quella di Bunsen e finalmente quella di Daniell. Tutto al contrario accade quanto alla costanza; cioè la più costante è quella di Daniell, poi viene quella di Bunsen e per ultimo quella di Grove. Per ciò che spetta la posizione dei poli, il negativo è sempre sull'elettrodo che comunica col zinco, e per conseguenza il positivo sull'elettrodo che comunica col platino o col carbone o col rame.

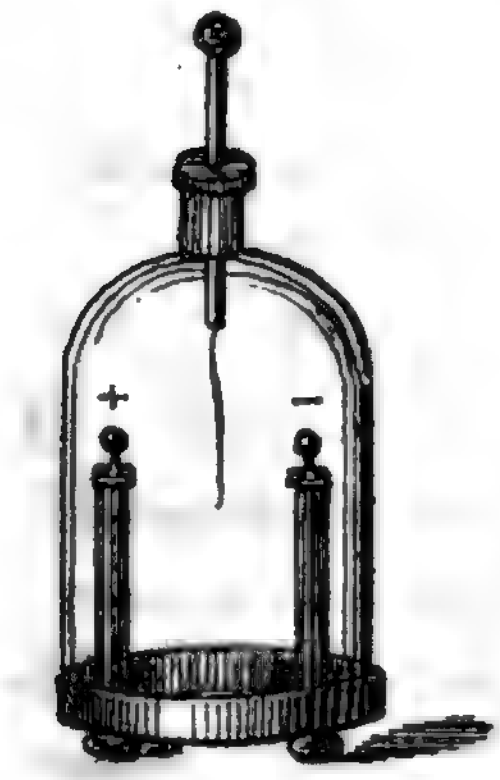
Anche con un solo liquido si possono formar delle pile a forza molto costante. Una delle più sempli-

ci è la seguente usata assai nei telegrafi elettrici. Si prende una cassetta rettangolare di materia non conduttrice e divisa in tante cellette che si empiono di sabbia silicea imbevuta di acqua acidulata con acido solforico. Quindi s'introduce in ciascuna celletta a piccola distanza fra loro una piastra di rame ed una di zinco amalgamato, ed il rame di una celletta si fa comunicare col zinco della seguente e così appresso. L'azione di questa pila diviene prestissimo assai costante e si mantiene in tale stato per mesi interi ed anche per anni, purchè di tanto in tanto si amalgamino le piastre di zinco e si inumidisca la sabbia con acqua acidulata. E' parimenti necessario che dopo qualche tempo si rinnovi la sabbia o almeno si lavi nell'acqua corrente.

266. Quando tratteremo della teoria della pila facilmente s'intenderá che i solidi ed i liquidi che entrano nella sua costruzione sono capaci di moltissime variazioni. Qui solamente aggiungeremo due parole sulle pile che si dicono **secche** perchè non contengono altro liquido se non l'umidità che è propria delle sostanze igrometriche. Fra queste pile la più in uso è quella imaginata dal prof. Zamboni e composta con dischetti di carta d'oro, cioè coperta di foglia di rame; e di carta d'argento, cioè coperta di foglia di stagno. Sovraimponendo uno all'altro più centinaia di tali dischetti sempre collo stesso ordine e colle facce metalliche poste una a contatto dell'altra, si ottiene una pila che ha tensione sufficiente a produrre i fenomeni elettro-statici, ma che per difetto di prontezza nel ricaricarsi non suol dare una corrente continua quale si esige pe' fe-

nomeni elettrodinamici. Ai dischetti di carta d'oro si può con vantaggio sostituire un finissimo strato di biossido di manganese che si fa aderire al rovescio de' dischetti di carta d'argento per mezzo della colla di amido o di altra sostanza glutinosa. La troppa umidità o secchezza dell'aria diminuisce la forza di queste pile e però vogliono essere chiuse in tubi di vetro ben verniciati o vestite di mastice molto isolante. Con tale precauzione le pile secche possono dare i segni elettrici per un tempo lunghissimo, onde nella loro origine furono chiamati elettro-motori perpetui. Ma questo nome non è loro conveniente sotto ogni rapporto; poichè se sieno tenute continuamente in azione dopo qualche anno viene meno la loro attività.

L'uso precipuo che si fa delle pile secche si è di farle servire alla costruzione di un elettroscopio sensibilissimo e che ha pure il vantaggio di fare conoscere immediatamente la specie di elettricità nel tempo stesso che ne accusa la presenza. Questo elettroscopio detto di Böhnenberger consiste in due pile secche P, P' collocate verticalmente a modo di colonnette. Ciascuna pila termina nella parte superiore con una pallina metallica che comunica col polo superiore della pila medesima; e le pile sono disposte in maniera che le due palline sieno cariche di elettricità contrarie. Tutto l'apparato si chiude in una campana



di vetro dalla cui parte superiore scende una verghetta di metallo che al di fuori termina in una palla e al di dentro in una listarella di foglia d'oro, la cui estremità inferiore può oscillare fra le due palline positiva e negativa delle pile. Posto a contatto o anche semplicemente avvicinato un corpo elettrizzato alla foglia d'oro, questa si muove verso l'una o l'altra delle due palline; cioè verso la pallina che comunica col polo positivo se il corpo è carico di elettricità negativa, e verso la pallina che comunica col polo negativo se il corpo è carico di elettricità positiva. La sensibilità di questo strumento è sì grande, che alla distanza di oltre un metro può indicare l'elettricità acquistata da un bastoncello di cera lacca stropicciato. Se la distanza fra le due pile sia tale che la foglia d'oro o altro corpicciuolo conduttore sospeso in mezzo ad esse possa giungere a toccare ambedue le palline, si ottiene un movimento oscillatorio che può durare per più anni, purchè si abbia l'avvertenza di far comunicare col terreno i poli inferiori delle due pile e di avvicinarle maggiormente al pendolino quando il moto comincia a illanguidire.

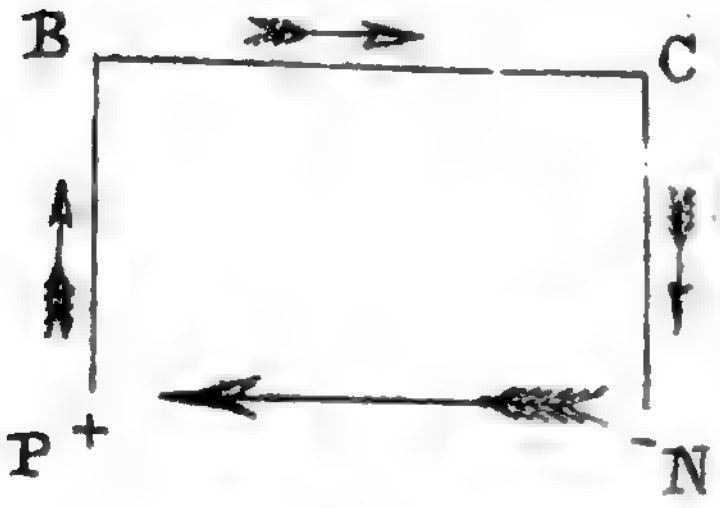
Affinchè una pila di qualunque forma ella sia possa produrre i fenomeni elettrostatici è sempre necessario che risulti di un numero considerevole di coppie, e che queste sieno perfettamente isolate. Ma non accade lo stesso riguardo ai fenomeni elettro-dinamici, molti dei quali si ottengono assai bene anche coll'elettro-motore semplice cioè con una sola coppia voltaica a uno o due liquidi, specialmente se le piastre metalliche sieno assai grandi; imperocchè sebbene l'ampiezza

delle superficie che costituiscono la coppia non accre-sce la tensione di una pila, pure accresce la quantità dell' elettrico che si mette in movimento.

Articolo 2°.

Dell' azione mutua attrattiva e ripulsiva delle correnti elettriche

267. I conduttori animati da correnti elettriche agiscono mutuamente attraendosi o respingendosi, secondo la diversa direzione che hanno le correnti, le une relativamente alle altre. Per determinare la direzione della corrente in un conduttore che comunica coi due poli di un elettromotore, si è convenuto di prendere per punto di partenza il polo positivo e di andare verso il negativo. Se p. e. P ed N rappresentino i due poli positivo e negativo di una pila e PBCN il conduttore che li congiunge, si dirà che la direzione della corrente nelle porzioni PB, BC, CN è quella indicata dalle frecce. La freccia più grande denota la direzione della



di vetro dalla cui parte superiore scende una verghetta di metallo che al di fuori termina in una palla e al di dentro in una listarella di foglia d'oro, la cui estremità inferiore può oscillare fra le due palline positiva e negativa delle pile. Posto a contatto o anche semplicemente avvicinato un corpo elettrizzato alla foglia d'oro, questa si muove verso l'una o l'altra delle due palline; cioè verso la pallina che comunica col polo positivo se il corpo è carico di elettricità negativa, e verso la pallina che comunica col polo negativo se il corpo è carico di elettricità positiva. La sensibilità di questo strumento è sì grande, che alla distanza di oltre un metro può indicare l'elettricità acquistata da un bastoncello di cera lacca strofacciato. Se la distanza fra le due pile sia tale che la foglia d'oro o altro corpicciuolo conduttore sospeso in mezzo ad esse possa giungere a toccare ambedue le palline, si ottiene un movimento oscillatorio che può durare per più anni, purchè si abbia l'avvertenza di far comunicare col terreno i poli inferiori delle due pile e di avvicinarle maggiormente al pendolino quando il moto comincia a illanguidire.

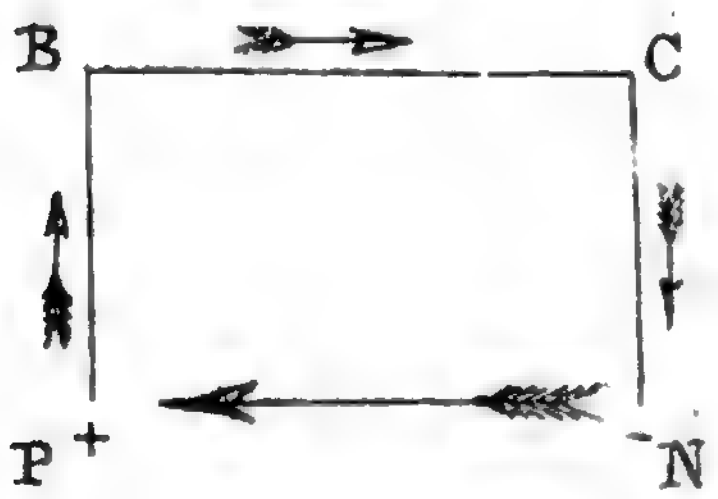
Affinchè una pila di qualunque forma ella sia possa produrre i fenomeni elettrostatici è sempre necessario che risulti di un numero considerevole di coppie, e che queste sieno perfettamente isolate. Ma non accade lo stesso riguardo ai fenomeni elettro-dinamici, molti dei quali si ottengono assai bene anche coll'elettro-motore semplice cioè con una sola coppia voltaica a uno o due liquidi, specialmente se le piastre metalliche sieno assai grandi; imperocchè sebbene l'ampiezza

delle superficie che costituiscono la coppia non accre-
sce la tensione di una pila, pure accresce la quantità
dell' elettrico che si mette in movimento.

Articolo 2°.

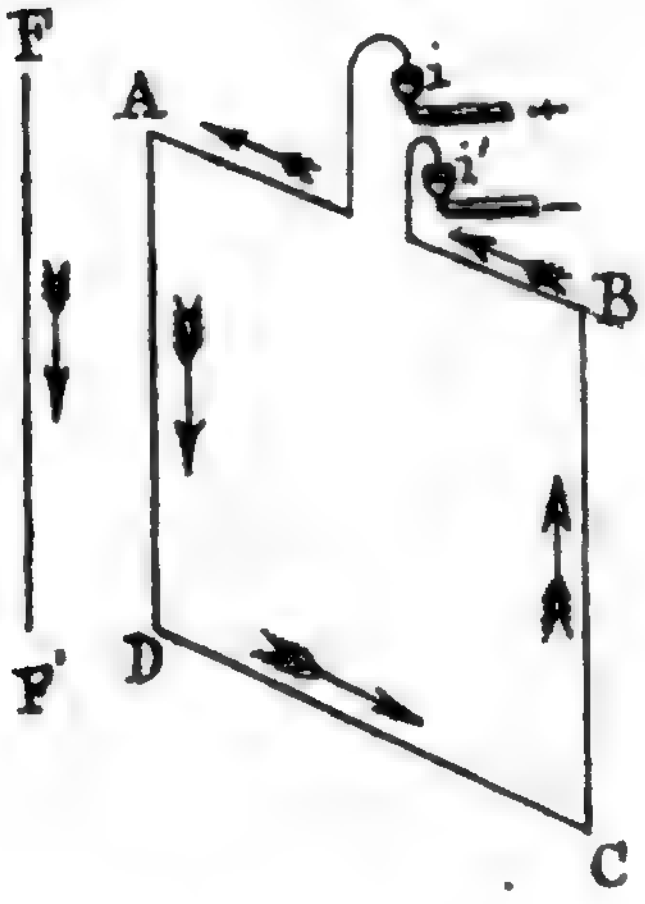
Dell'azione mutua attrattiva e ripulsiva delle correnti elettriche

267. I conduttori animati da correnti elettriche agiscono mutuamente attraendosi o respingendosi, secondo la diversa direzione che hanno le correnti, le une relativamente alle altre. Per determinare la direzione della corrente in un conduttore che comunica coi due poli di un elettromotore, si è convenuto di prendere per punto di partenza il polo positivo e di andare verso il negativo. Se p. e. P ed N rappresentano i due poli positivo e negativo di una pila e PBCN il conduttore che li congiunge, si dirà che la direzione della corrente nelle porzioni PB, BC, CN è quella indicata dalle frecce. La freccia più grande denota la direzione della



corrente nell'interno della pila.

Le direzioni relative di due correnti possono essere parallele o angolari. Quando sono parallele „ le due correnti si attraggono se hanno la stessa direzione, e si respingono se hanno direzione contraria. A provare sperimentalmente questa e le seguenti proposizioni, fa duopo che porzione del conduttore animato dalla corrente sia resa mobilissima senza che s'interrompa la comunicazione metallica. Ciò suole ottenersi terminando la porzione ABCD, che si vuole render mobile, con due punte di acciaio i, i' che si immergono in due vasellini pieni di mercurio. Se ora si prenda un conduttore FF' e si fissi parallelamente al lato AD del conduttore mobile, questo si vedrà attratto da quello, semprechè la corrente vada in entrambi nella direzione indicata dalle frecce o nella contraria.

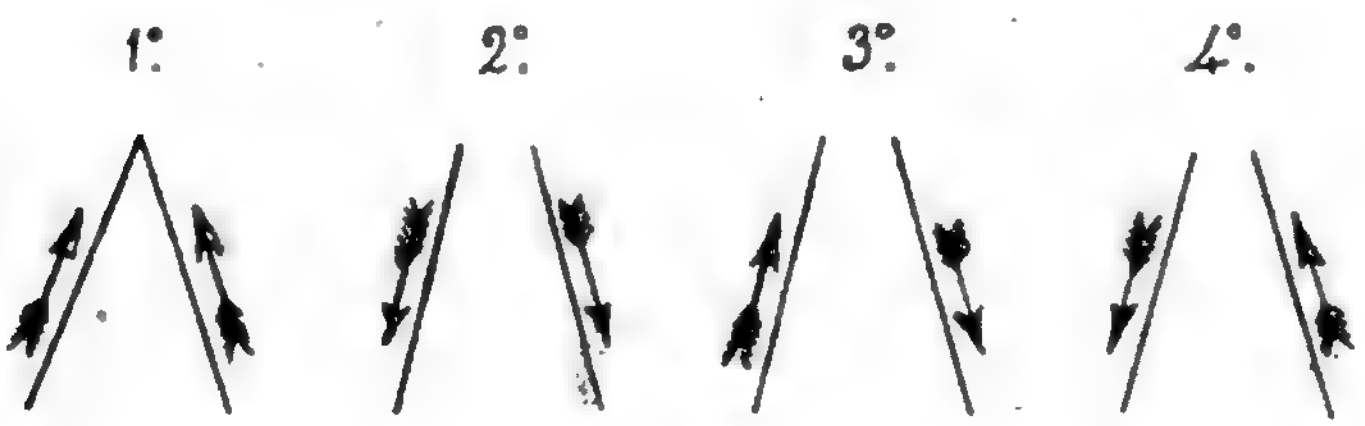


Che se rovesciasi la corrente solamente in uno dei due conduttori p. e. nel mobile, all'attrazione si vedrà succedere la ripulsione: dunque „ due correnti parallele si „ attraggono o si respingono secondochè hanno la me- „ desima o contraria direzione „.

Le attrazioni qui non cessano col contatto come accade nelle attrazioni elettrostatiche; ma durano finchè le correnti non cessano dall'animare i con-

duttori (1).

268. *Se le direzioni di due correnti o di due parti di una medesima corrente non siano fra loro parallele, possono aver luog. i quattro casi differenti*



rappresentati dalla figura. Nei due primi le correnti si attraggono; negli altri due si respingono, e ciò accade tanto se le due correnti sono nel medesimo piano, quanto se in piani diversi: dunque „ due correnti le cui direzioni formano un angolo, si attraggono mutuamente

„ se ambedue si avvicinano al vertice dell'angolo,

„ o ambedue se ne allontanano; si respingono se men-

„ tre una si avvicina al vertice dell'angolo, l'altra

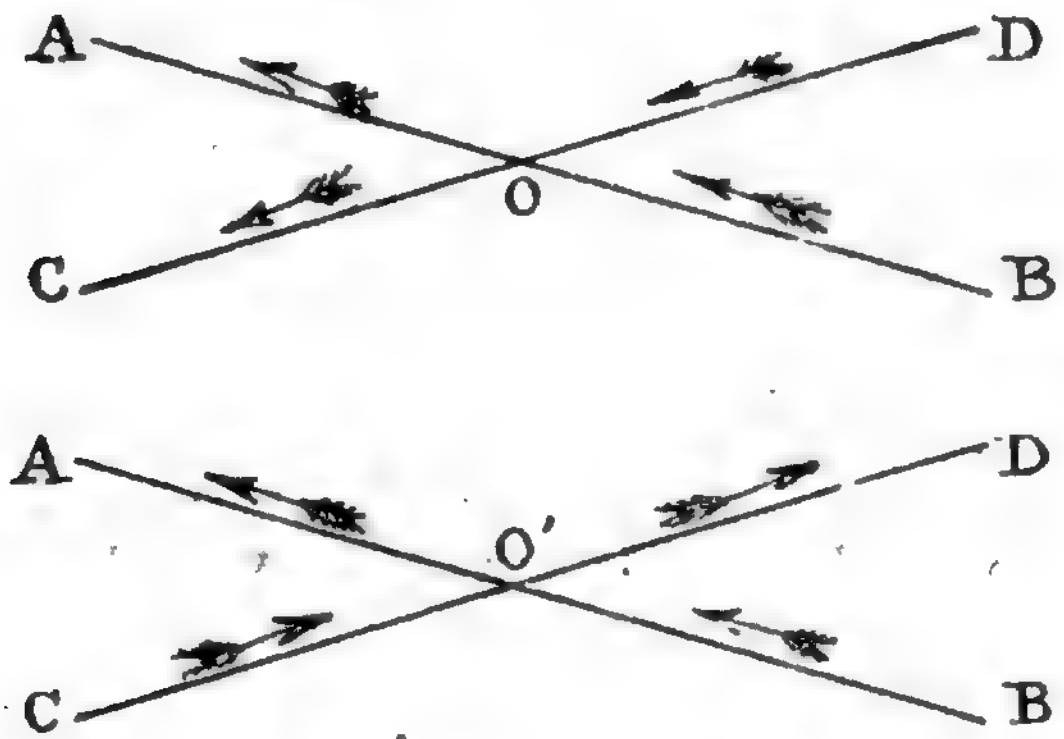
„ se ne allontana „. Allorchè le due correnti non sono nel medesimo piano, il vertice dell'angolo è la retta che misura la loro più breve distanza.

Le correnti angolari che si estendono al di là del vertice dell'angolo che formano colla direzione di un'altra corrente si chiamano correnti indefinite. Osservando

---

(1). *Questa ed altre simili esperienze riescono meglio e sono più concludenti, se il conduttore mobile sia astatico, cioè sottratto all'influsso della terra (286).*

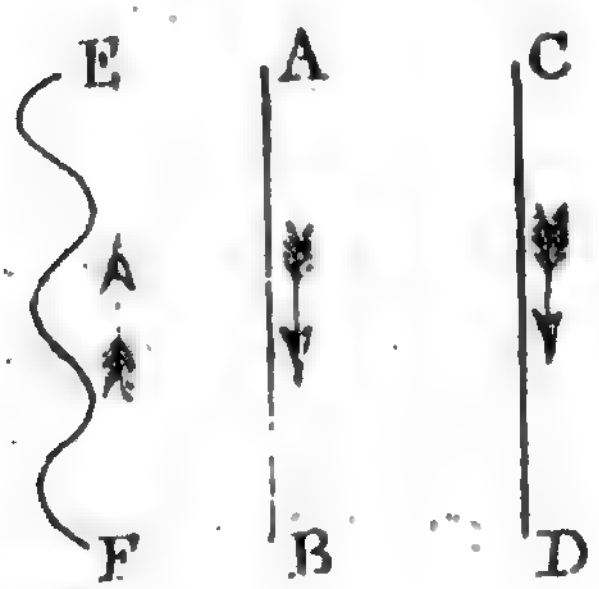
due correnti indefinite AB e CD, si vede che l'attrazio



ne nei due angoli AOC, BOD e la ripulsione nei due AOD, BOC cospirano a portare i due conduttori uno parallelamente all'altro di maniera che la corrente abbia in entrambi la medesima direzione. Se in uno di essi p.e. in CD si rovesci la direzione della corrente, le attrazioni nei due angoli AO'C, BO'D si cambieranno in ripulsioni, e le ripulsioni nei due angoli AO'D, BO'C si cambieranno in attrazioni; ma queste quattro forze tendono parimenti a disporre i due conduttori uno parallelamente all'altro par modo che la corrente abbia in ambedue la medesima direzione: dunque „ due correnti indefinite per la loro mutua azione girano attorno alla loro perpendicolare comune finchè siano parallele ed abbiano la medesima direzione „. A provare questa legge coll'esperienza basterà sottoporre al lato CD del conduttore mobile, rappresentato nella figura del paragrafo precedente, un conduttore fisso ed orizzontale. Qualunque sia la direzione della corrente

nel conduttore fisso e nel mobile, si osserverà che questo allora solamente si ferma quando il suo lato CD è parallelo al conduttore fisso e le due correnti hanno una stessa direzione. Ognuno vede che questa esperienza mostra eziandio che le correnti angolari si attraggono e si respingono nel modo che si è detto nel numero precedente.

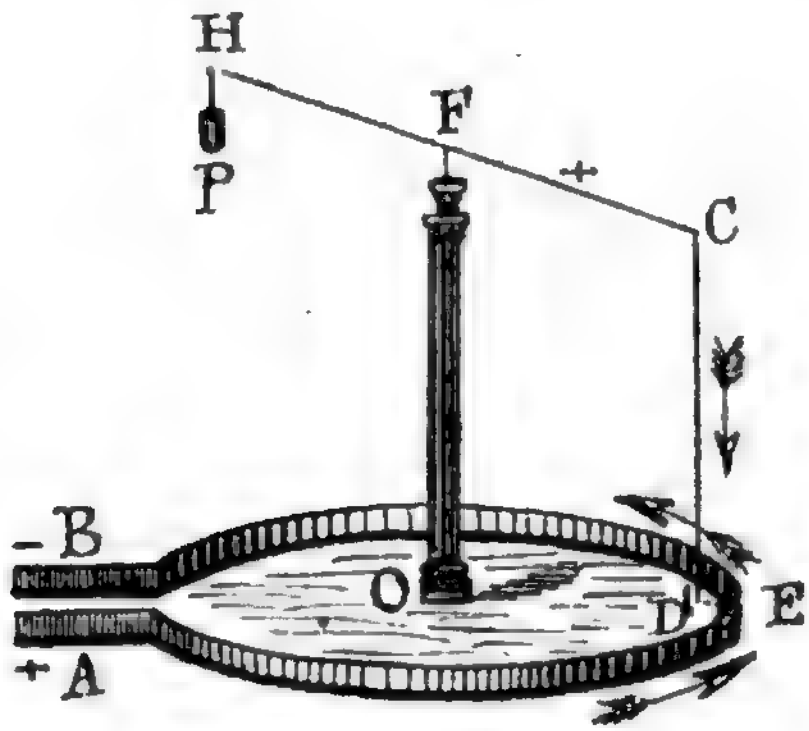
Tutte queste leggi valgono anche quando i conduttori non sieno rettilinei; anzi si trova che « l'azione di « un conduttore rettilineo è la stessa di quella di un « conduttore fornito di varie sinuosità, purchè ambedue i conduttori sieno compresi entro gli stessi limiti ed animati da correnti della medesima intensità ». Infatti se collochiamo un conduttore mobile AB fra due conduttori di eguale altezza, uno rettilineo CD e l'altro sinuoso EF, paralleli fra loro ed operanti sul mobile per ripulsione, questo si ferma stabilmente in mezzo a quelli. La ragione di ciò è che nel conduttore



sinuoso la corrente va nella direzione del rettilineo, e di più in due versi contrarî, e gli effetti eguali e contrarî di tali correnti si debbono necessariamente distruggere.

269. L'azione attrattiva e ripulsiva delle correnti determina talora nei conduttori il moto rotatorio continuo. Se p. e. si abbia una corrente orizzontale

che percorra un cerchio presso che chiuso AEB, questa deve produrre il moto rotatorio in un conduttore verticale CD mobile attorno ad un asse verticale FO. Imperocchè se la corrente nel conduttore mobile CD abbia la direzione indicata dalla freccia, sarà continuamente cacciata dalla parte BE della corrente circolare, che si allontana dal vertice DE, a cui si avvicina la corrente CD, ed attratta dall'altra parte AE della corrente circolare medesima che si avvicina a quel vertice. Queste due azioni cospirano a far girare CD nel medesimo verso. Se si rovesci la direzione della corrente nel conduttore fisso o nel mobile, questo girerá in senso contrario al precedente. Per realizzare tali movimenti l'estremitá D del conduttore mobile si fa pescare nel mercurio o nell'acqua acidulata. In vece del contrapeso P si puo' annettere all'asta CH uno o piu' altri conduttori verticali che vadano a terminare nel liquido, e tutti saranno animati dalla corrente.



Articolo 3°.

Dei principali fenomeni del Magnetismo

270. Diconsi calamite o magneti quei corpi che hanno la virtù di attrarre il ferro, l'acciaio, il niccolo, il cobalto ed altre sostanze, le quali però si chiamano sostanze magnetiche. Gli effetti che producono le calamite si appellano fenomeni magnetici, e magnetismo la causa che li produce.

Le calamite che naturalmente si trovano in molte parti della Terra si dicono calamite naturali, e per lo più sono un composto di proto e sesquiossido di ferro. Le calamite che si ottengono per mezzo dell'arte si dicono calamite artificiali, e generalmente si fanno di acciaio, che in varî modi acquista la virtù di produrre i fenomeni magnetici assai meglio delle calamite naturali.

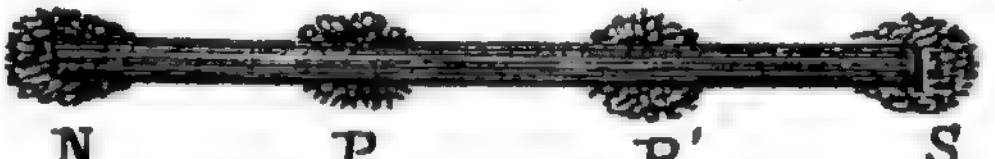
Una calamita non possiede in tutti i suoi punti la

stessa forza di attrarre il ferro e le altre sostanze magnetiche. Se una calamita si avvolga nella limatura di fer

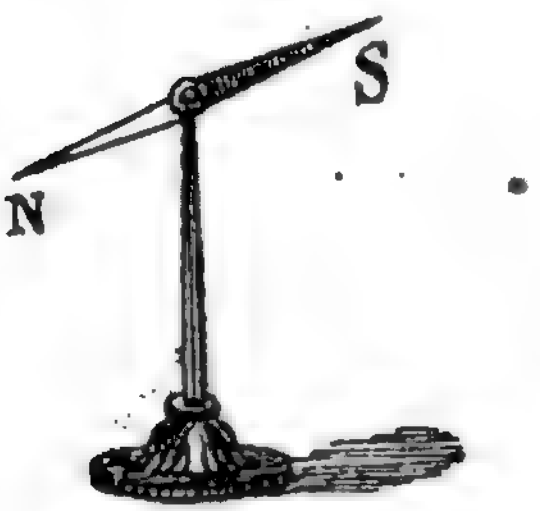
ro, questa aderisce principalmente ad alcuni punti N ed S, che si dicono poli della calamita.

„ Ogni calamita ha due poli „ che sogliono esser situati presso le estremità della maggiore dimensione, a partire dai quali la forza di attrarre va sempre scemando fino ad una certa linea C detta linea neutra, in cui quella forza è sensibilmente nulla. Rotta una calamita naturale od artificiale in quante si voglia parti, ciascun frammento si trova avere parimenti due poli: consegue da ciò che la forza di attrarre appartiene alle singole molecule delle calamite.

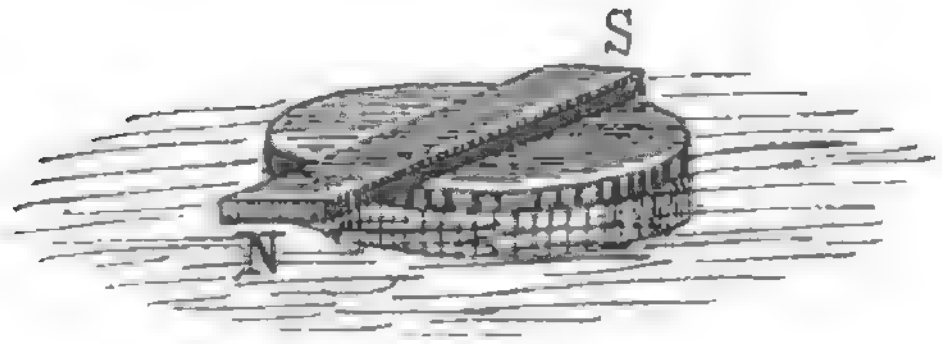
Nelle calamite artificiali che hanno la lunghezza maggiore di 15 o 20 centimetri fra i due poli estremi N ed S, alle volte si trovano due o più altri poli intermedii P, P' che si appellano punti conse — guenti. L'esistenza di tali punti, che sono sempre in numero pari, si manifesta avvolgendo la calamita nella limatura di ferro.



Se una calamita è sospesa di maniera da poter girare liberamente in un piano o — rizzontale, essa dirigge i suoi poli verso i poli della terra; quindi è venuto il chiamarsi polo nord della calamita quello che si volge a settentrione e polo sud quello che si volge a mezzogiorno. La



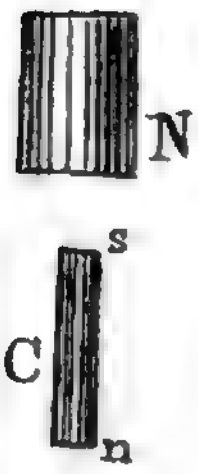
forza che determina la direzione della calamita è una forza puramente direttrice, cioè incapace d'imprimere alla calamita un qualunque moto di traslazione. Ciò si può provare fissando una calamita sopra un pezzo di sughero che si pone a galleggiare sull'acqua tranquilla: si osserva che la calamita si aggira e rivolge i suoi poli verso quelli della terra, senza che il suo centro concepisca il più piccolo movimento.

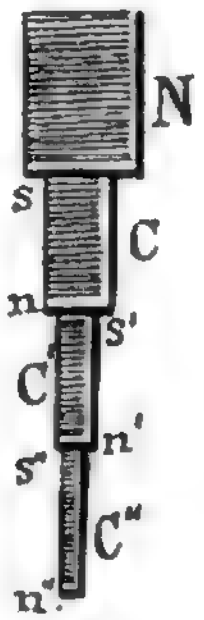


271. Allorchè i due poli di una calamita si accostano alla limatura di ferro, le loro azioni sembrano identiche, ma questa identità non è che apparente. Infatti se al polo nord di una calamita si accosti il polo nord di un'altra calamita, si osserva una ripulsione fra le due calamite; la medesima ripulsione si osserva eziandio se il polo sud della prima si accosti al polo sud della seconda. Per contrario se il polo nord di una si accosti al polo sud dell'altra, le due calamite si attraggono, e l'attrazione non cessa col contatto, ma continua finchè una forza maggiore non le distacchi: dunque „ i poli dello stesso nome si respingono, e i poli di „ nome diverso si attraggono „. Qualunque sostanza non magnetica frapposta alle calamite non altera punto siffatte attrazioni e ripulsioni. Sostituendo nella bilancia elettrica (255) all'ago mobile una calamita molto lunga e leggera, si trova che anche „ le attra- „ zioni e ripulsioni magnetiche seguono la ragione in

„ versa de' quadrati delle distanze „ .

272. *Le calamite esercitano sulle sostanze magneti che un influsso analogo a quello de' corpi elettrizzati. Se a qualche distanza da un polo* **N** *di una calamita (supporremo essere il polo nord) si collochi un cilindro* C *di ferro dolce, questo diviene una calamita che ha il polo sud nell'estremità* S *più vicina ad* **N**, *e il polo nord nell'estremità* **N** *più lontana. Accade lo stesso se il cilindro di ferro si pone a contatto di* **N**, *ed in questo caso si possono più facilmente far pendere dal cilindro di ferro parecchi altri pezzi di ferro dolce* C', C'' *aderenti uno all'altro pei poli di nome contrario. Ma tostochè si allontana la calamita, il ferro dolce perde all'istante il magnetismo che avea acquistato; ciò che si esprime dicendo che il ferro dolce acquista per influsso il* magnetismo temporario. *L'attrazione delle calamite per le sostanze magnetiche è dunque preceduta dall'influsso, e per conseguenza „ l'attrazione magnetica si esercita sempre fra i poli di nome diverso „ . Per conoscere poi se un corpo che viene attratto dalla calamita sia solamente magnetico, cioè capace di diventare calamita, ovvero* magnetizzato *cioè vera calamita, basterà presentare tutti i punti di questo corpo allo stesso polo di una calamita; se l'azione è sempre attrattiva, il corpo è solamente magnetico, ma se l'azione è attrattiva in alcuni punti e ripulsiva in altri, il corpo è certamente ma-*





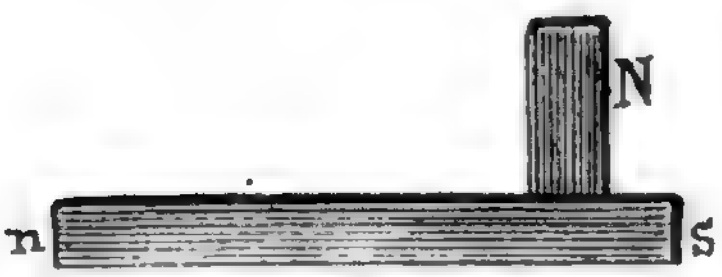
gnetizzato.

273. *Se il cilindro* C *che si accosta al polo* N *di una calamita non sia di ferro dolce ma di acciaio, la magnetizzazione per influsso è accompagnata da due circostanze di gran rilievo. La prima è che il magnetismo nell'acciaio sottomesso all'influsso della calamita non si sviluppa che lentamente. La seconda è che il magnetismo una volta sviluppato nell'acciaio vi si mantiene poi indefinitamente, anche dopo sottrattolo dall'influsso della calamita. Fra il ferro e l'acciaio v'è dunque la differenza che mentre il primo prende il magnetismo temporario, il secondo invece prende il magnetismo permanente; ma questo è meno pronto di quello nel magnetizzarsi. La facoltà di ritenere il magnetismo acquistato dicesi* forza coercitiva. *La tempera aumenta la forza coercitiva e il calore la diminuisce. Se una sbarra di acciaio magnetizzata si riscaldi al rosso, perde il suo magnetismo; nè lo riacquista nel raffreddarsi, a meno che durante il raffreddamento non si trovi sotto l'influsso di una calamita. Quanto al grado della tempera non è la più forte quella che determina il magnetismo più intenso, ma il massimo effetto sembra aversi quando l'acciaio è stato ricotto fino al rosso oscuro.*

L'acciaio non è la sola sostanza magnetica dotata di forza coercitiva. Questa forza, sebbene in grado assai inferiore all'acciaio temperato, si rinviene nel nicolo, nel cobalto, e anche nel ferro dopo che ha subito alcune operazioni meccaniche, quali sono la percossa,

la pressione, la torsione. Il ferro acquista qualche forza coercitiva ancora quando si combina cid altre sostanze, come all'ossigene, al solfo ed al fosforo. Quanto piii queste abbondano, tanto meno facilmente il ferro prende la virtù magnetica, ma tanto piii la ritiene, purchè la quantità di tali sostanze non oltrepassi un certo limite.

274. Sebbene il semplice contatto col polo di una calamita basti a magnetizzare stabilmente l'acciaio, pure il magnetismo che in tal modo si sviluppa per lo piii non è molto forte. Piii efficacemente si magnetizza l'acciaio facendo strisciare successivamente piii volte un polo N della calamita da un capo n all'altro s della sbarra d'acciaio, sempre nella direzione medesima ed evitando di non mai ricondurre il polo strisciante da s verso n. Se quel polo sia il nord, si stabilisce un polo sud in s ove quello termina il suo cammino, ed ove è bene riposarlo per qualche momento dopo ciascuna strisciata. Mentre una calamita rende magnetico l'acciaio nulla affatto perde di sua forza. A quella guisa che un conduttore elettrizzato ne elettrizza per influsso un altro, senza che perciò punto perda del suo elettrico; ed il secondo può acquistare stabile elettricità ed elettrizzare un terzo conduttore, e così di seguito.



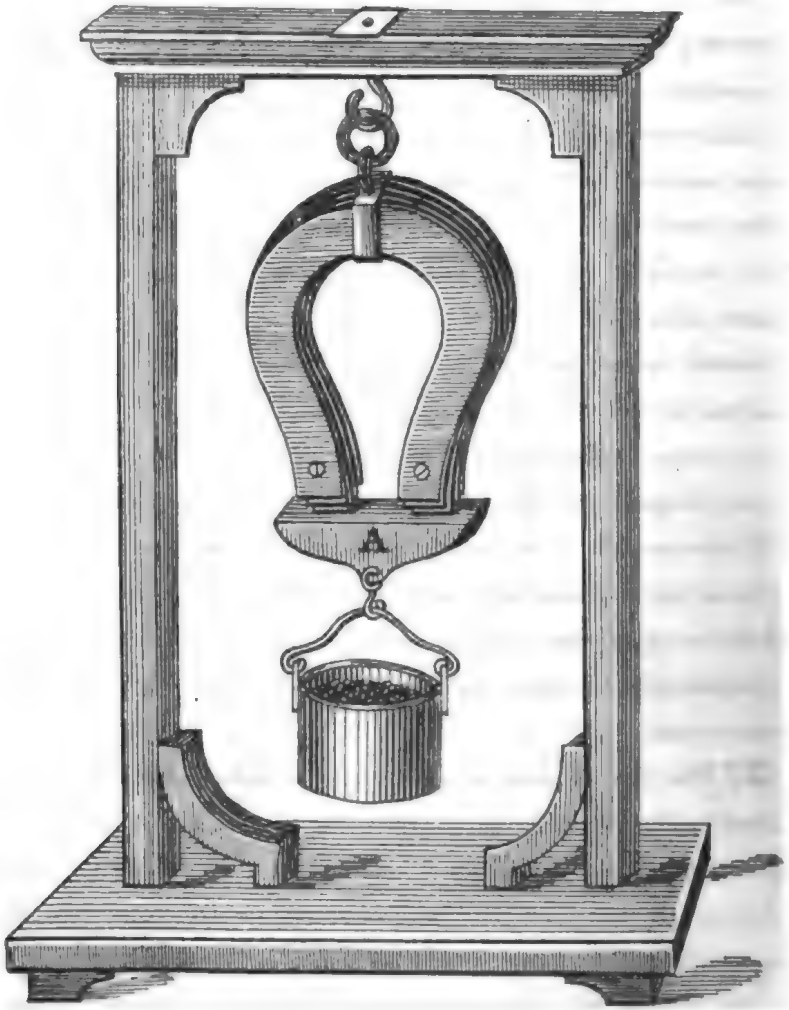
Un altro metodo anche migliore di elettrizzare l'acciaio consiste nel collocare presso il mezzo della sbarra

su che si vuole magnetizzare due poli N ed S di nome

diverso di due calamite assai vicine fraloro ma non a contatto, e quindi strisciare con essi poli fino alle due estremità della sbarra: dopo qualche istante si staccano le calamite da esse estremità e riconduconsi al mezzo come sopra, e si replica più volte l'operazione. Ogni volta cresce il magnetismo dell'acciaio; però fino a un certo termine, giunto il quale la virtù magnetica non cresce più, ed allora l'acciaio si dice magnetizzato a saturità. Si è osservato che l'acciaio acquista un magnetismo relativamente più forte, se nell'atto di strisciare le due calamite si tengano inclinate sulla sbarra di un angolo di 25 a 30 gradi. L'energia magnetica dell'acciaio diviene anche maggiore se si faccia riposare colle sue estremità sopra i due poli contrari di due calamite S,N'; avvertendo che i poli N',S' sieno rispettivamente dello stesso nome dei poli N,S delle calamite striscianti.

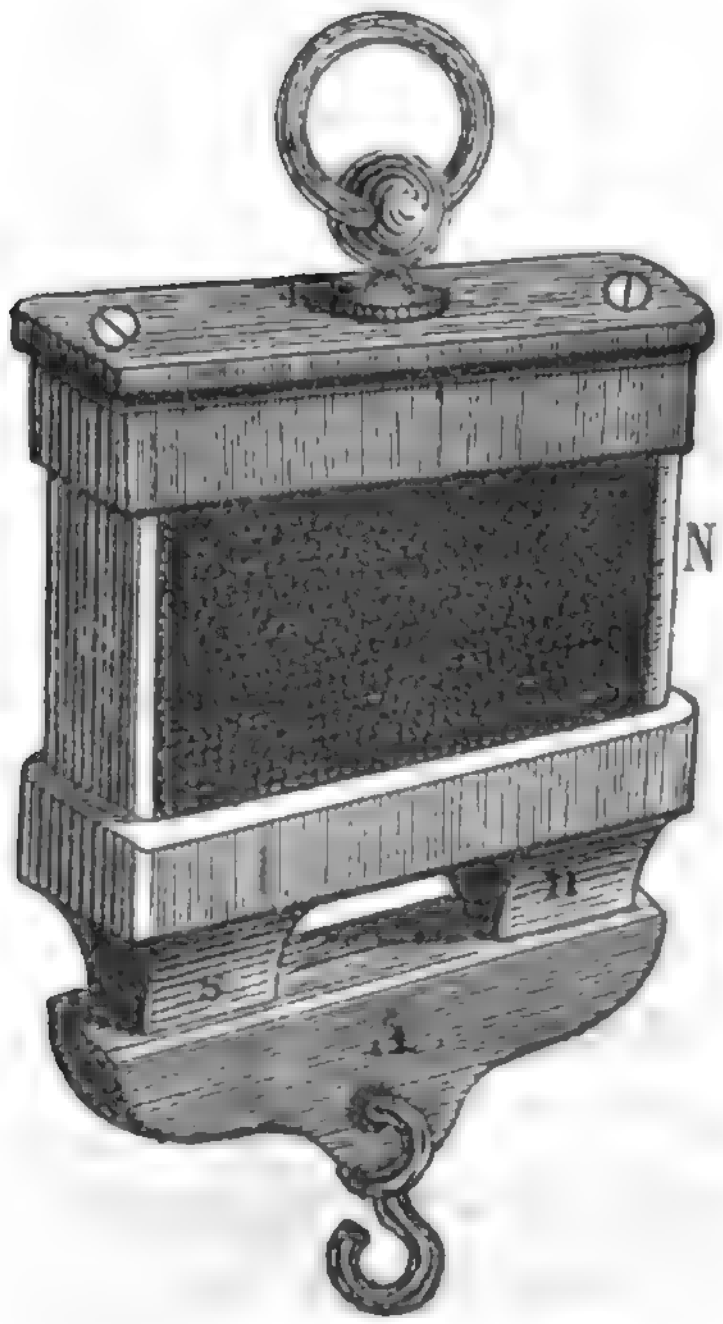
275. La forma è una circostanza che influisce notabilmente sulla intensità del magnetismo che può acquistare una sostanza magnetica. Se da una stessa lamina di acciaio si tagliano diversi prismi molto allungati (diconsi aghi da bussola) si trova che a parità di massa la forma romboidale è più opportuna del

la rettangolare. Se non si tratti di piccoli aghi da busso
la ma di grandi calamite, queste conviene costruirle
col sovrapporre parecchie sbarre separatamente magne
tizzate osservando che i poli dello stesso nome sieno ri-
volti sempre dalla stessa parte. A queste sbarre talora
si da' la figura di ferro da cavallo: con cio' si ha il van



tuggio che ambedue i poli possono operare simultaneamente sopra un dato corpo. Nel sovrapporre le une alle altre le sbarre magnetizzate riesce utile che la media o le due medie siano più prominenti, le due prossime un poco meno e così di seguito. Una tale disposizione costituisce le calamite che diconsi a scaglioni.

Le calamite se non si tengono nella naturale loro posizione di equilibrio vanno col tempo perdendo di forza. A impedir questa perdita giovano moltissimo le armature. Sono le armature de' pezzi di ferro dolce che si mettono a contatto dei poli delle calamite, affinchè magnetizzandosi essi per influsso reagiscano sulle calamite medesime e per tal modo ne conservino e talora anche ne accrescano la forza. Se la calamita ha la forma di ferro da cavallo, l'armatura consiste in una semplice traversa o àncora di ferro dolce A. Le calamite naturali si armano applicando alle loro facce polari S, N due lamine di ferro dolce piegate a squadra e terminanti in due pezzi massicci s, n pure di ferro dolce, che si considerano come i poli della calamita. All'ancora A,



che in questo caso fa l'ufficio di seconda armatura, si appende un uncino a cui si attaccano de' pesi. Una calamita non può da prima sostenere che un certo peso, oltrepassato il quale l'ancora si distacca; ma se l'aderenza si faccia continuare per alcuni giorni, vi si potrà aggiungere un nuovo peso senza che l'ancora si distacchi; dopo alcuni altri giorni se ne potrà aggiungere un secondo e così di seguito; ciò mostra che la forza della calamita cresce coll'esercizio. Ma finalmente arriva il momento in cui l'aggiunta di un peso anche menomo produce il distaccarsi dell'ancora. Se allora si tenti di far riprendere alla calamita tutto il peso che sosteneva, si trova che la sua forza non è più da tanto, ma è tornata a quel grado in cui era prima che si cominciasse ad aggiungere i pesi. Per riportarla al suo massimo fa duopo aggravarla nuovamente di pesi a poco a poco.

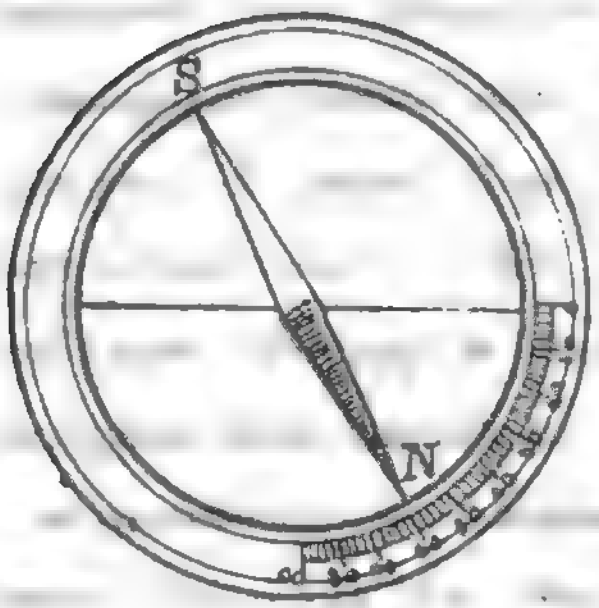
Articolo 4.

Dell' azione magnetica della Terra

276. L'azione magnetica della Terra è formolata nella seguente proposizione. „ La Terra opera sulle calamite e sulle sostanze magnetiche come farebbe una gran calamita che avesse i suoi poli uno

„ verso il sud e l'altro verso il nord della Terra mede„ sima „. Abbiamo già indicato di sopra (270) un fenomeno che dimostra, almeno in parte, la verità di questa proposizione. Infatti se la forza che produce la direzione delle calamite non è che una forza direttrice, essa deve manifestamente emanare da due centri di azione magnetica eguali e contrarî. Che poi questi due centri di azione abbiano la loro sede nella Terra uno verso il sud e l'altro verso il nord ce lo mostra il fatto che segue.

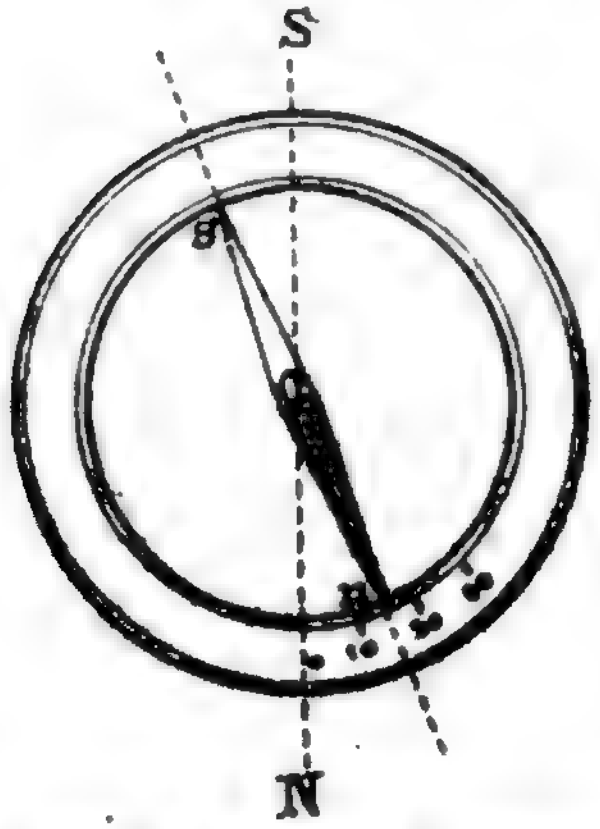
Un ago di acciaio non magnetizzato e sostenuto nel suo centro di gravità si sta perfettamente orizzontale. Si magnetizzi quest'ago: si abbassa all'istante col polo nord verso la Terra, e quando l'esperienza si fa nell'emisfero australe si abbassa invece il polo sud. Questo abbassarsi di un polo verso la Terra dicesi inclinazione magnetica, e si misura dall'angolo che l'ago magnetico fa coll'orizzonte. L'inclinazione magnetica è piccolissima o nulla all'equatore, e va crescendo colla latitudine, cioè diviene tanto maggiore quanto più ci accostiamo all'uno o all'altro polo della Terra: dunque „ i due centri d'azione che dirigono le cala„ mite sono veramente nella Terra uno verso il nord „ e l'altro verso il sud „.



La linea che passa per tutti quei luoghi nei quali

l'inchinazione magnetica e' nulla chiamasi equatore magnetico. L'equatore magnetico sebbene sia una curva irregolare, pure non si allontana mai molto dall'equatore geografico.

Se attentamente si consideri la direzione che prende l'ago mobile in un piano orizzontale, si vedra' che i suoi



poli per lo piu non sono rivolti precisamente ai poli geografici S, N della Terra. Il piano verticale che in un dato luogo taglia la lunghezza s, n dell'ago in equilibrio nella sua direzione dicesi meridiano magnetico di quel luogo. L'angolo NOn che il meridiano magnetico fa col meridiano geografico si appella angolo di declinazione, o semplicemente declinazione magnetica. La declinazione dicesi orientale od occidentale secondoche' il polo nord dell'ago sta all'est o all'ovest del meridiano geografico. Vi sono pero' sulla Terra alcuni luoghi, nei quali la direzione dell'ago è appunto quella del meridiano geografico. Le curve che congiungono questi luoghi si dicono linee senza declinazione. Presentemente si ammette che esistano tre linee senza declinazione, ma due solamente sono ben determinate: una di esse attraversa l'oceano atlantico e l'America del nord, e l'altra passa per la nuova Olanda e si estende nell'arcipelago indiano. La posizione di queste linee non e' costante.

277. *Gli apparati che servono a misurare la declinazione magnetica si appellano* **bussole di declinazione** *o declinometri, e quelli che servano a misurare l'inchinazione si chiamano* **bussole d'inclinazione** *o inclinometri. Per mezzo di questi apparati si è trovato che la declinazione ed inchinazione magnetica sono diverse nei diversi luoghi e che anche nel medesimo luogo vanno soggette a molte variazioni, delle quali alcune sono regolari e periodiche, cioè si compiono regolarmente in un periodo di tempo determinato; altre sono irregolari cioè non soggette a legge di tempo locale, e queste ultime più comunemente si appellano perturbazioni magnetiche.*

Così p. e. in Roma la declinazione occidentale

nel 1853 era	*14°, 3', 6*
e nel 1859	*13°, 43', 4*
Differenza	*20', 2*

donde abbiamo una variazione annuale di 3', 36 in declinazione.

Parimenti l'inclinazione in Roma

nel 1838 era	*60°, 16'*
e nel 1859	*59°, 12'*
Differenza	*1°, 4'*

che dà una variazione annuale di circa 3', 05 nella

inclinazione.

Simili variazioni periodiche si osservano anche nei diversi mesi dell'anno e nelle diverse ore del giorno. Nei mesi di Marzo e di Settembre cioè verso gli equinozî, la declinazione suol essere maggiore che nei mesi di Giugno o di Decembre, ossia verso i solstizî; e durante le 24 ore del giorno l'ago magnetizzato va di continuo oscillando intorno alla sua posizione naturale di equilibrio per modo che la declinazione e l'inclinazione arrivano due volte al giorno ad un massimo e ad un minimo, ma le ore di questi massimi e minimi sono diverse nelle diverse stagioni. Del resto le variazioni periodiche non sono mai molto grandi. L'oscillazione diurna del declinometro non suol esser maggiore di circa 15' nell'estate e 7' nell'inverno. Laddove le perturbazioni giungono talora a parecchi gradi, e si manifestano contemporaneamente in luoghi anche molto lontani. Ciò accade specialmente ad occasione delle aurore boreali, e di parecchi altri fenomeni metereologici.

L'azione magnetica della Terra si è anche mostrata dalle variazioni che subisce nelle diverse latitudini l'energia della forza direttrice. Andando verso i poli della Terra si osserva che l'energia di questa forza va crescendo. Ciò si conosce dal numero delle oscillazioni che fa in un dato tempo uno stesso ago d'inclinazione quando è rimosso dalla sua naturale situazione d'equilibrio, essendo cosa manifesta che ove è maggiore il numero delle oscillazioni, ivi pure sarà maggiore l'energia della forza che lo richiama

all'equilibrio. Il numero poi di tali oscillazioni si trova minimo nelle regioni equatoriali, e quindi cresce gradatamente a misura che ci accostiamo verso il polo: dunque le variazioni della forza direttrice non altrimenti che quelle dell'inclinazione, sono una prova del magnetismo della Terra; o ciò che torna lo stesso sono una prova che l'energia della forza direttrice non è altro che l'intensità del magnetismo terrestre.

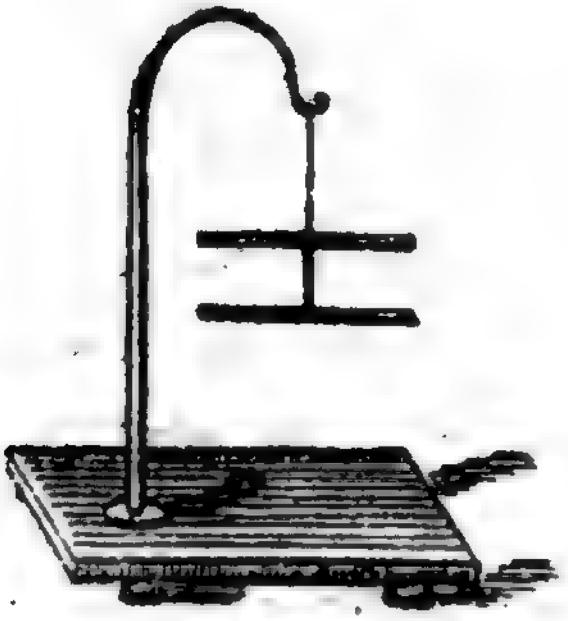
278. Quanto all'azione della Terra sulle sostanze magnetiche, ma non magnetizzate, era già noto da molto tempo che se una sbarra di ferro dolce si collochi nella direzione dell'ago d'inclinazione o anche semplicemente in direzione verticale, finchè sta in quella situazione si mostra magnetizzata, cioè nel nostro emisfero mostra un polo nord nella sua estremità inferiore ed un polo sud nell'estremità superiore; tutto il contrario accade nell'altro emisfero. Se la sbarra non sia di ferro dolce ma di acciaio o di altra sostanza dotata di forza coercitiva, stenta di più ad acquistare il magnetismo, ma acquistatolo poi lo conserva. Si vede dunque che la Terra opera per influsso sulle sostanze magnetiche nel modo stesso che farebbe una calamita, la quale avesse i suoi poli in vicinanza de' poli geografici di essa Terra. Qui però conviene avvertire che quel polo che nella calamita abbiamo finora chiamato polo nord dovrebbe chiamarsi polo sud e viceversa, sì perchè il polo nord della Terra deve destare per influsso un polo sud nelle parti più vicine della sostanza magnetica che le

si accosta, si perche' i poli che si attraggono non sono gli omonomi ma gli eteronomi. Ciononostante per evitare la confusione continueremo colla maggior parte de' fisici a chiamare polo nord della calamita quello che si dirige verso il nord e polo sud quello che si dirige verso il sud; dache' tali denominazioni alla fine non esprimono che un fatto, e quando diciamo polo nord o polo sud della calamita non intendiamo indicare se non la parte di essa calamita che si volge verso il nord o il sud della Terra.

La magnetizzazione prodotta dall'influsso della Terra e' agevolata da tutte le operazioni che sturbano la posizione di equilibrio delle molecule. Cosi' la percossa, la torsione ed ogni specie di vibrazioni che si facciano concepire ad una sbarra di ferro spesso fanno nascere in essa la polarita' magnetica; anche la lenta ossidazione a contatto dell'aria produce lo stesso effetto. Per assicurarsi poi che siffatte magnetizzazioni sono cagionate dall'influsso della Terra e che quelle operazioni meccaniche o chimiche non sono che circostanze coadiuvanti, basta esaminare la posizione de' poli; poiche' nel nostro emisfero il polo nord si trova sempre nell'estremita' della sbarra che e' inclinata sotto l'orizzonte, o rivolta verso il nord della Terra se la sbarra e' orizzontale. Oltre di che qualunque sia l'operazione meccanica o chimica cui e' sottomessa una sbarra di ferro, questa non manifesta la menoma traccia di magnetismo sempreche' la sua direzione e' perfettamente perpendicolare al meridiano magnetico, laddove in tutte le

altre direzioni si magnetizza, e tanto più fortemente quanto più la sua direzione si accosta a quella dell'ago d'inclinazione.

All'influsso magnetico della Terra si deve anche di ordinario attribuire il magnetismo che si osserva in quasi tutte le sostanze magnetiche dopo che sono lungamente rimaste nella medesima posizione, o hanno subito delle operazioni meccaniche o chimiche come p. e. le aste dei parafulmini, i ferramenti che entrano nella costruzione degli edifizi, gli attrezzi di ferro o di acciaio &c. E'l è pure assai verisimile che l'influsso della Terra coadiuvato dall'ossidazione e da altre operazioni chimiche sia la causa del magnetismo di tutte le calamite naturali. Non deve dunque far meraviglia se mediante il solo influsso della Terra si ottengano artificialmente delle calamite dotate di grande energia. Una maniera molto buona di procurarsi tali calamite si è il riunire un numero un po' grande di fili di ferro ciascuno de' quali abbia subito una forte torsione mentre lo si teneva in posizione verticale o meglio nella direzione dell'ago d'inclinazione.



Per certe esperienze sono necessarî gli aghi magnetici astatici, cioè insensibili all'azione della Terra. Per ottenerli si connettono invariabilmente uno sotto l'altro due aghi al tutto simili, di eguale forza magnetica, e così po

di nome diverso vôlti alla stessa parte: si sospende a un filo questo sistema che sarà astatico, perchè la risultante delle azioni magnetiche su di esso è sensibilmente nulla.

Articolo 5°.

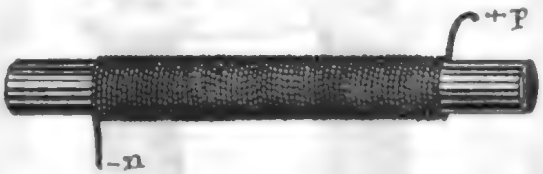
Dell'azione delle correnti elettriche sulle sostanze magnetiche e non magnetiche

279. Allorchè un filo metallico animato da forte corrente elettrica si accosta alla limatura di ferro o ad altri corpicciuoli magnetici, questi si magnetizzano per influsso e sono attratti dal conduttore a cui rimangono aderenti fino a tanto che dura la corrente. Cessata la corrente, cessa pure l'attrazione fra il condattore ed i corpi magnetici, ma questi se non sieno affatto privi di forza coercitiva, restano stabilmente magnetizzati: dunque „la „ corrente elettrica agisce sulle sostanze magnetiche non altrimenti che le calamite e la Terra „, cioè comunica loro il magnetismo permanente o temporario, secondochè tali sostanze sono o no dotate di forza coercitiva.

Se il conduttore animato da corrente elettrica è

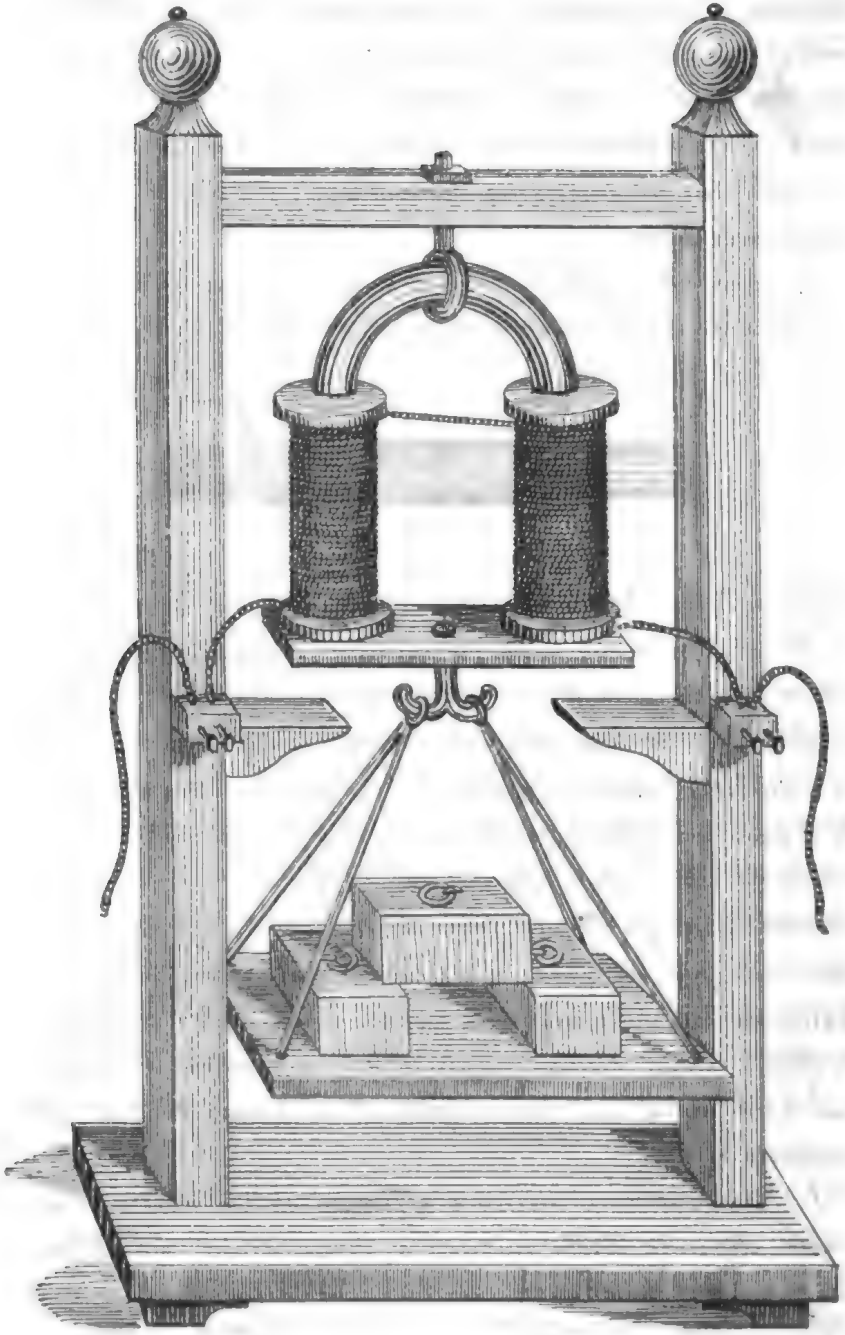
rettilineo, il magnetismo che essa induce non è mai molto forte; ma può divenire fortissimo solo che quel conduttore si ripieghi a modo di spirale. L'energia della corrente a ciò richiesta non è però la medesima, sia che si tratti del magnetismo temporario, sia che si tratti del permanente.

Per ottenere un forte magnetismo temporario basta una corrente anche debolissima. Introdotta una sbarra



di ferro dolce AB entro una spirale di filo di rame coperto di seta, se i due capi p, n della spirale si fanno comunicare coi poli di un elettromotore, la sbarra di ferro diventa tosto una calamita capace di sostenere un peso notabile; cessata appena la corrente nella spirale, cade il peso ed il ferro perde tutto o quasi tutto il magnetismo che aveva acquistato. Siffatte calamite temporarie sono per lo più foggiate a ferro di cavallo (V. la figura nella pag. seg.) e si chiamano elettro-magneti per distinguerle dalle calamite permanenti e dai solenoidi (285). Cogli elettro-magneti si magnetizza l'acciaio così bene come con qualunque altro mezzo finora conosciuto.

La maggiore o minore efficacia di un elettro-magnete dipende dalla natura e dimensioni del ferro, dal numero delle spire, dalla forza della corrente e da altre circostanze che finora non sono state ridotte a



leggi le quali si possano dire generali e ben determinate. Osserveremo solamente che il ferro quanto più è puro e dolce tanto riesce più atto ad essere magnetizzato temporaneamente dalla corrente; che le sbarre cilindriche sono da preferirsi alle prismatiche, e che a parità di altre circostanze il magnetismo indotto è proporzionale alla forza della corrente che lo induce:

280. Se poi si tratti di sostanze dotate di gran forza coercitiva, come è l'acciaio temperato, una debole corrente elettrica non basta per magnetizzarlo a saturazione, ma bisogna ricorrere a correnti molto più energiche, quali sono p. e. la scarica di una boccia di Leida, o di una batteria elettrica. Nè v'è a temere che l'istantaneità di tali scariche diminuisca gli effetti magnetici delle correnti, poichè l'esperienza ha dimostrato che questi effetti si producono in un tempo inapprezzabile. Infatti se una sbarra di acciaio temperato si introduca in una spirale percorsa dalla corrente elettrica, si trova che la forza magnetica acquistata dalla sbarra di acciaio in tali circostanze è sempre la stessa tanto se la corrente duri un solo istante, quanto se duri per un tempo indefinito.

A determinare le leggi che risguardano la posizione dei poli nelle calamite prodotte dalla corrente elettrica, fa dopo distinguere le spirali che diconsi destrorsum DD', le cui spire sono dirette come

nelle viti da sinistra a destra, dalle spirali dette si-

nistrorsum SS' le cui spire vanno da destra a sinistra. Nelle spirali destrorsum il polo nord si trova sempre in quella estremità per cui esce la scarica, ossia che comunica col polo negativo; e nelle spirali sinistrorsum il polo nord si trova sempre in quella estremità per cui entra la scarica, ossia che comunica col polo positivo. Se la spirale che conduce la corrente è per metà destrorsum e sinistrorsum per l'altra metà una sbarra d'acciaio posta nell'asse di questa doppia spirale diviene una doppia calamita, ossia acquista alle due estremità due poli dello stesso nome, e i due di nome diverso si trovano riuniti nel punto ove si uniscono le due spirali. Questo è il fenomeno de' punti consegnenti. Con una spirale che muti più volte si ottiene un maggior numero di punti consegnenti. Queste leggi, com'è naturale, si verificano eziandio negli elettro-magneti ed è però necessario nel formarli di avvertire che il filo conduttore sia ravvolto sempre nel medesimo senso sull'uno e sull'altro braccio della sbarra di ferro, di maniera che se questa si raddrizzi, le due spirali diventino una sola spirale tutta destrorsum o tutta sinistrorsum.

281. La scoperta degli elettro-magneti procurandoci il mezzo di ottenere una forza magnetica

enorme e si può dire quasi illimitata, ha contribuito moltissimo all'avanzamento del magnetismo e degli altri rami della Fisica che hanno con esso delle relazioni. Prima di questa scoperta il numero delle sostanze magnetiche era limitatissimo. Il ferro, l'acciaio, e più tardi il niccolo e il cobalto sono state per lungo tempo considerate come le sole sostanze magnetiche, perchè in realtà sono le sole su cui agiscono con qualche energia le ordinarie calamite permanenti. Che se in vicinanza dei poli di un poderoso elettro-magnete si sospendano successivamente le diverse sostanze semplici e composte, si vede essere attratto anche il manganese, il cromo, il cerio, il titanio, il platino, il palladio e l'osmio fra le semplici e molti ossidi e sali di questi metalli fra le composte. Si vede inoltre che i corpi che non vengono attratti dall'elettro-magnete, generalmente parlando non sono indifferenti all'azione del magnetismo, mentre molti di essi sono respinti. Si può dunque tenere per conforme alla sperienza che l'azione del magnetismo si estende a tutti i corpi, ma non in tutti produce il medesimo effetto. Quelli che dalla calamita sono respinti si chiamano diamagnetici, e quelli che sono attratti ritengono il nome di magnetici, ovvero si appellano paramagnetici. Le sostanze semplici che si mostrano più diamagnetiche sono il bismuto, il fosforo, l'antimonio, il zinco, lo stagno, il cadmio, il iodio, il mercurio, il piombo, l'argento, il rame e l'oro.

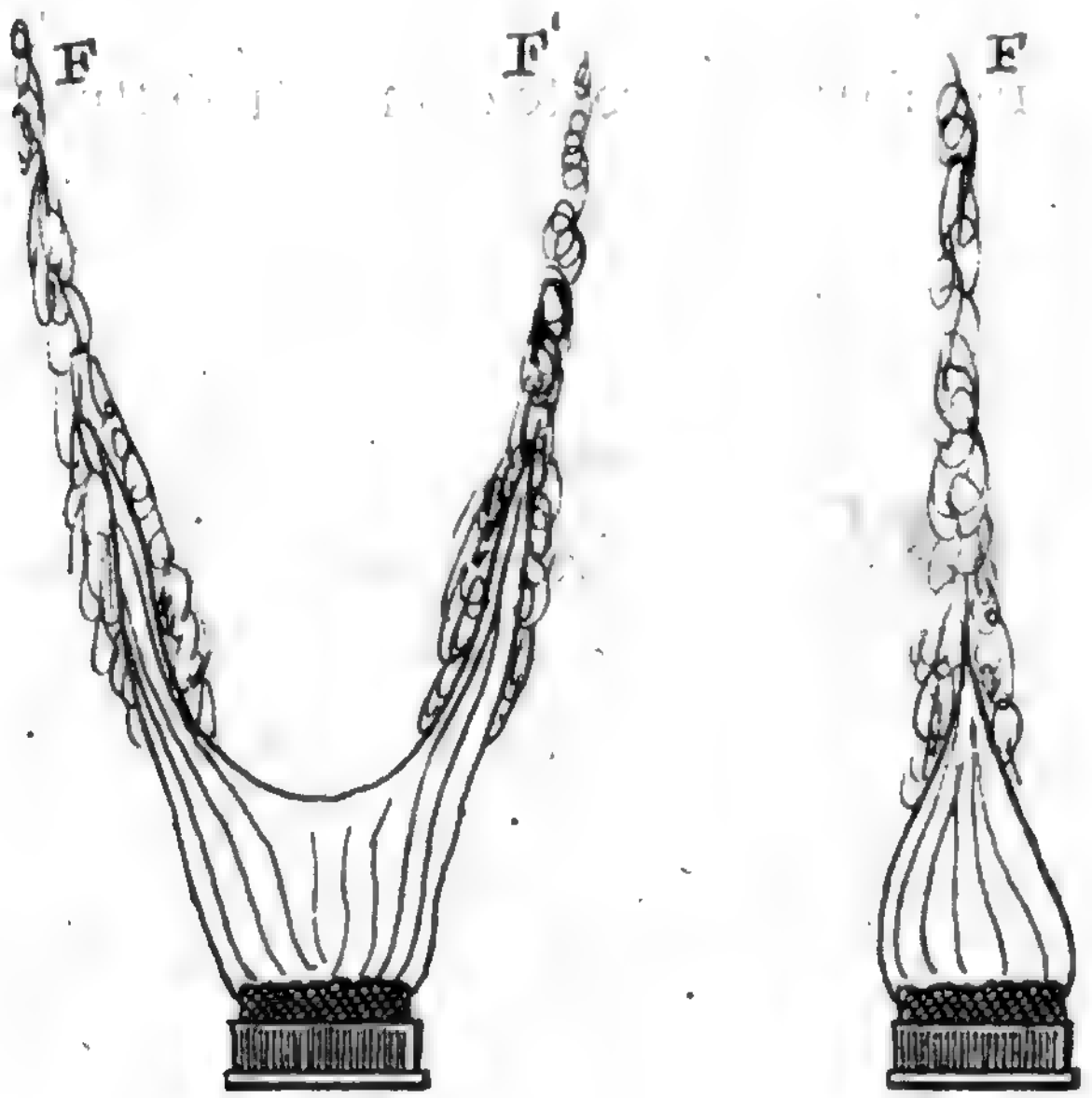
Il magnetismo e diamagnetismo dei liquidi

si esplora versandone una piccola quantità sopra di un vetro un po' concavo che si colloca fra i due poli di un elettro-magnete verticale. Durante l'azione dell'elettro-magnete, il liquido non ubbidisce alle sole leggi idrostatiche; ma se è magnetico si accumula sui punti ove la forza della calamita è maggiore, e fugge e si allontana dai punti medesimi se diamagnetico. In questa maniera si trovano essere diamagnetici l'acqua, l'alcool, l'etere, l'acido solforico, l'acido nitrico ed il solfuro di carbonio; sebbene sieno magnetiche le soluzioni acquose, nitriche e solforiche di molti sali di ferro, di nicolo &c.

282. Il magnetismo e diamagnetismo dei fluidi aeri è più difficile a determinarsi. Ciononostante facendoli passare misti a qualche vapore visibile fra i due poli di un elettro-magnete, ovvero chiudendoli entro leggerissime ampolline di vetro o bolle di sapone, si è potuto osservare che l'ossigene è il solo fluido aereo che sia fortemente magnetico, e che assai debolmente lo sono pure alcuni corpi aeri che lo contengono, come l'aria atmosferica, il biossido di nitrogene e l'acido nitroso.

La più parte degli altri fluidi aeri non hanno dato finora segni sicuri di magnetismo o diamagnetismo, salvo il caso che siano incandescenti. Pare che lo stato d'incandescenza renda i fluidi aeri diamagnetici. Una prova di ciò l'abbiamo nella bella sperienza del p. Bancalari. Se fra i due poli di un elettro-magnete si collochi la fiamma di una candela, o qualunque altra massa gassosa

incandescente, questa all' istante medesimo si depri
me e si piega, mostrando così di fuggire il cam-



po delle forze magnetiche. La fiamma proveniente dalla combustione dell'essenza di trementina è molto acconcia a mostrare questo fenomeno. Collocata essa fiamma fra i poli dell'elettro-magnete, si raccoglie in se stessa verso il centro, e si solleva gradatamente dai lati mandando su due colonne di fumo F,F', che si diramano a guisa di parabola. Sottratta all'azione dell'elettro-magnete questa fiamma è conica, piccola e sormontata da una sola colonna di fumo F.

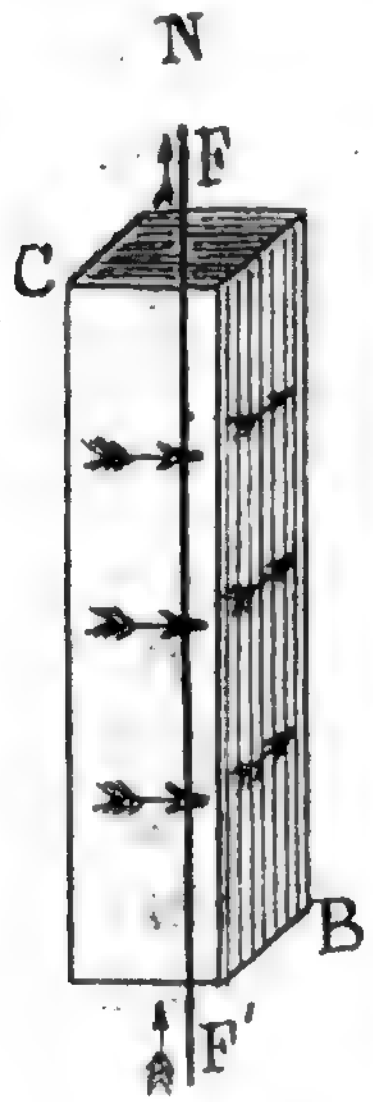
Articolo 6.

Azione mutua fra le correnti elettriche le calamite ed il Globo terrestre

283. Ersted nel 1820 pubblicò una sperienza, la quale fu il primo anello che congiunse assieme l'elettricità dinamica e il magnetismo. Un conduttore rettilineo sia collocato nel piano del meridiano magnetico al disopra o al disotto di un ago magnetico mobile attorno di un asse verticale. Tostochè il conduttore viene animato da una corrente elettrica, l'ago devia dalla sua posizione di equilibrio, facendo colla direzione primitiva un angolo più o meno grande secondo la maggiore o minore intensità della corrente. Il senso della deviazione dipende da due circostanze. La prima è la posizione del conduttore che può esser collocato sopra o sotto l'ago magnetico. La seconda è la direzione della corrente che può andare dal sud al nord o per contrario. Se il conduttore è sopra l'ago e la corrente entra pel sud, il polo nord dell'ago devia verso l'ovest; rovesciata la direzione della corrente, il polo nord devia verso l'est. Se poi il conduttore è sotto l'ago, le deviazioni hanno luogo in senso contrario; cioè il polo nord dell'ago

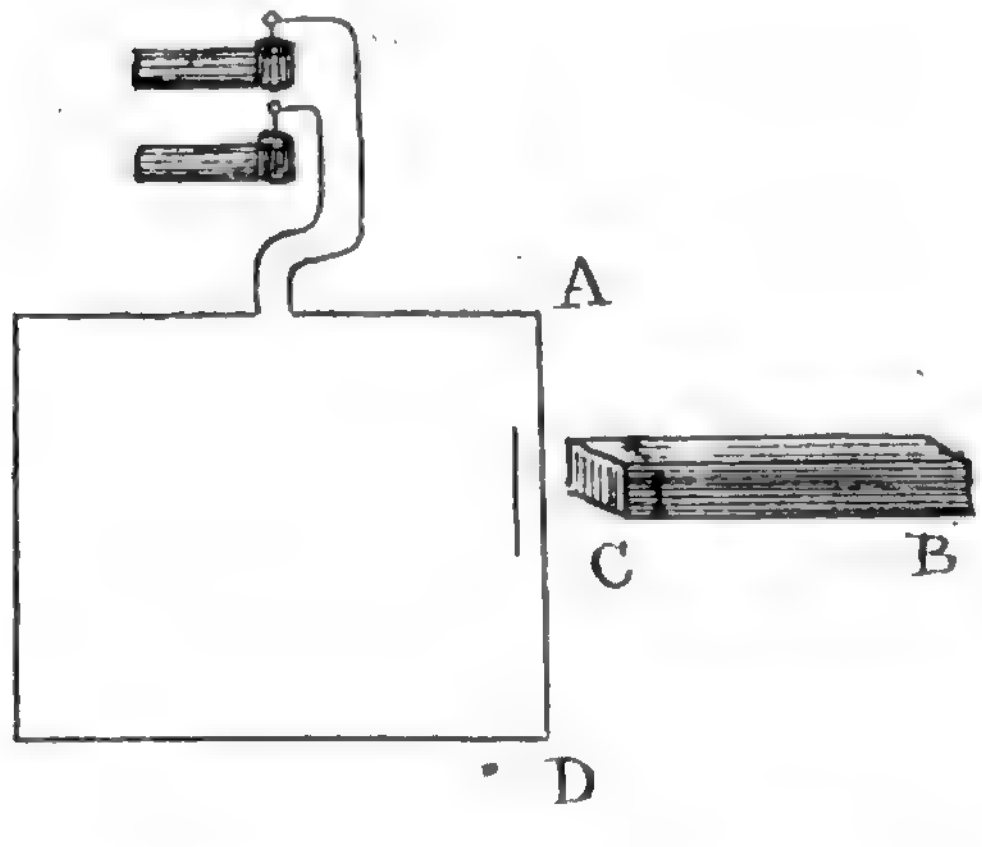
devia verso l'est se la corrente entra pel sud, e devia verso l'ovest, se la corrente entra pel nord. Tali deviazioni non si manifestano solamente quando il conduttore della corrente è nel piano del meridiano magnetico; ma qualunque sia la posizione del conduttore, l'ago tende sempre a disporre il suo asse perpendicolarmente alla direzione della corrente, rivolgendo i suoi poli verso l'est e verso l'ovest al modo che si è detto.

A dare ragione di questo e degli altri fenomeni magneto-elettrici, cioè che risultano dall'azione mutua delle correnti e delle calamite, Ampère ebbe la felice idea di considerare le calamite, o meglio le singole molecule delle calamite, non altrimenti che conduttori circolati da correnti elettriche tutte normali all'asse della calamita e dirette da est ad ovest nella sua parte inferiore quando si trova nella naturale posizione di equilibrio. Infatti supposta la verità di questa teoria, se CB rappresenti una calamita nella sua posizione di equilibrio ed FF' un conduttore collocato al di sopra della calamita medesima e percorso dalla corrente nella direzione indicata dalle frecce cioè dal sud al nord; è manifesto, che questa calamita per ciò



porre le sue correnti (268) parallelamente alla corrente del conduttore di maniera che abbiano con essa la medesima direzione, dovrà piegare il polo nord verso l'ovest; e lo dovrebbe invece piegare verso l'est, se nel conduttore la corrente andasse dal nord al sud. Tutto il contrario dovrà accadere quando il conduttore sia collocato sotto l'asse della calamita, posto che nella faccia inferiore di questa le correnti sieno dirette dall'est all'ovest; cioè il polo nord dell'ago devierà verso l'est se la corrente entra pel sud, e devierà verso l'ovest se entra pel nord.

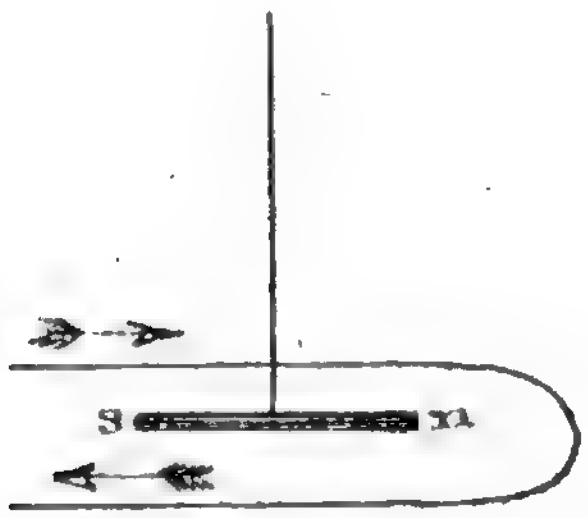
Invece del conduttore fisso F'F' se ne prenda uno mobile, e ad un lato AD di questo conduttore si avvicini una faccia qualunque della calamita CB, si vedrà che il conduttore AD è attratto o respinto appunto come lo sarebbe se la calamita CB fosse un conduttore animato da correnti



che andassero nella direzione indicata dalle freccie. Ciò mostra che la teoria d'Ampère vale anche a spiegare l'azione delle calamite sulle correnti.

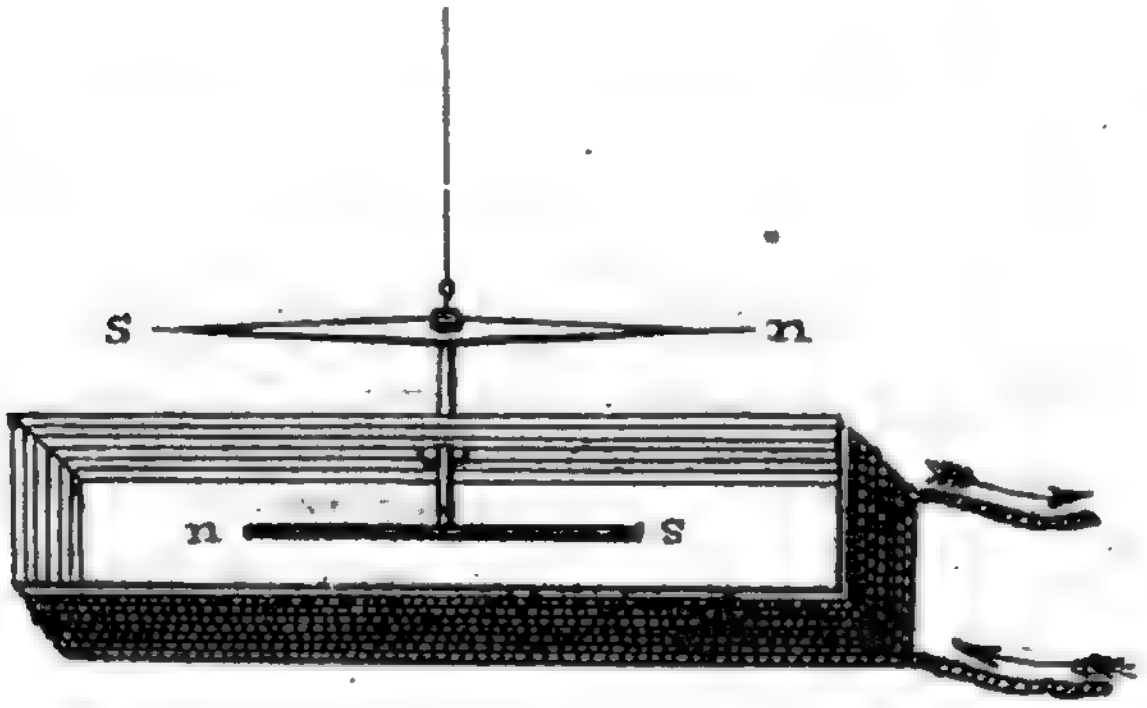
284. Il declinare dell'ago magnetico di qua o di là dalla sua natural direzione in virtù della corrente

elettrica ha dato origine all'apparato, che si è detto galvanometro o roometro, utilissimo a scoprire anche le più deboli correnti elettriche, a indicarne la direzione e a misurarne l'energia. Il più semplice galvanometro consiste in un ago magnetico orizzontalmente equilibrato al di sotto di un filo metallico che trasmette la corrente. Le deviazioni dell'ago si misurano mediante un cerchio graduato che ha il centro sul prolungamento dell'asse di rotazione. Se il filo che trasmette la corrente sia piegato per modo che la corrente debba passare sopra e sotto l'ago, questo riceverà un impulso doppio di quello che riceverebbe se il conduttore fosse rettilineo, poichè le due porzioni orizzontali del conduttore essendo percorse dalla corrente in due opposte direzioni, tendono a far deviare l'ago nel medesimo senso. Che se il conduttore invece di essere piegato una sola volta fa più giri attorno all'ago, si aumenterà molto più la deviazione prodotta dalla corrente; ed allora l'apparato prende il nome di moltiplicatore o di galvanometro moltiplicatore. Ma in questo caso è necessario che il filo conduttore sia coperto di seta affinchè i diversi giri si possano toccare e rimanere uno dall'altro isolati.



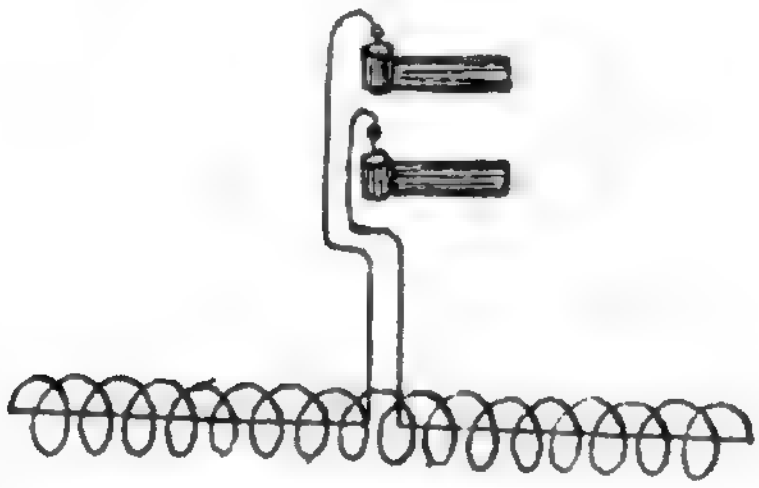
Nei moltiplicatori che hanno da servire a esperienze molto delicate si adoperano due aghi formanti un si-

stema astatico(278). L'ago inferiore e' racchiuso nel circuito de' fili, l'altro resta fuori e fa da indi-



ce. Con tale disposizione resta distrutta o affievolita di molto la resistenza che proviene dalla forza direttrice della Terra e lo strumento acquista una grandissima sensibilità, anche perchè l'azione della corrente sulla faccia inferiore dell'ago esteriore cospira colle due azioni che esercita la medesima corrente sull'ago interiore.

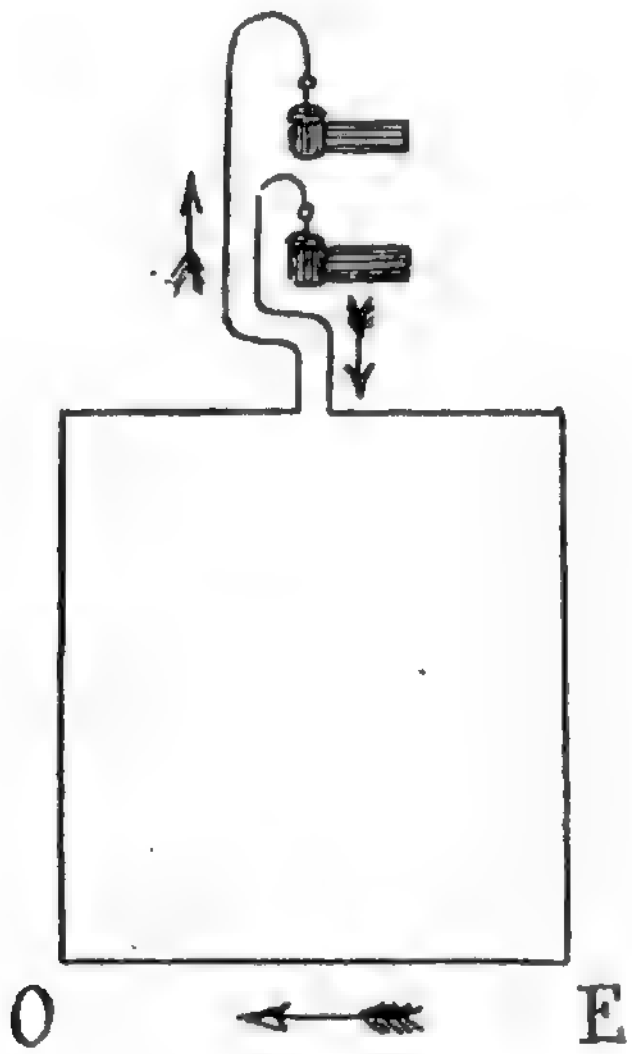
285. La teoria d'Ampère sulla costituzione delle calamite rende anche ragione dell'azione mutua delle calamite fra loro e del globo terrestre sulle calamite. Per dimostrarlo si prenda una spirale formata da un filo metallico piegato di maniera, che le due estremità vadano lungo l'asse a far capo l'u-

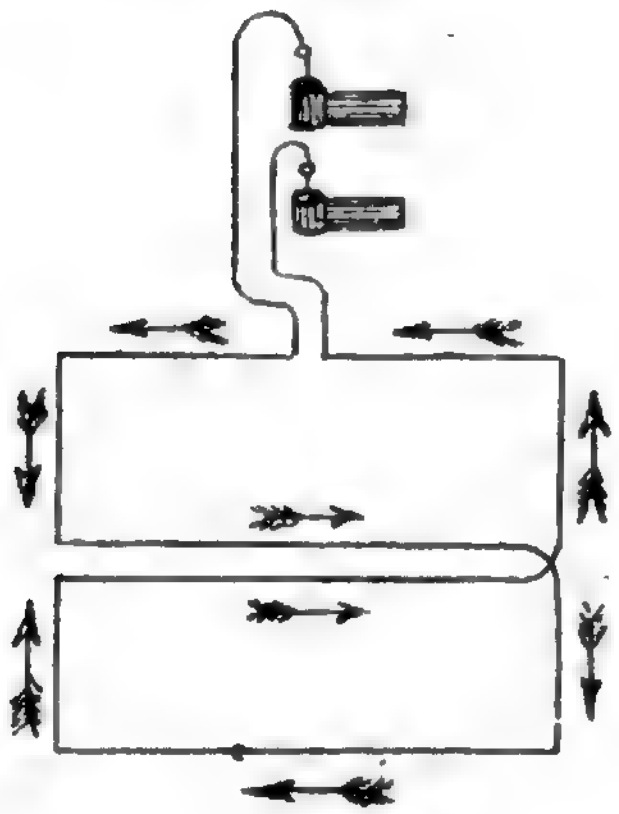


na presso l'altra nel mezzo delle spire. Una spirale così costruita si appella cilindro elettrodinamico o solenoide, e quando è percorso da una corrente elettrica equivale ad una serie di correnti circolari e parallele, poichè le correnti rettilinee nella direzione dell'asse essendo eguali e contrarie si distruggono. Sospeso il solenoide per le punte p,p' a due vasellini pieni di mercurio comunicanti coi poli di un elettromotore, esso non resta nella posizione che aveva prima di essere animato dalla corrente, ma dispone il suo asse nel meridiano magnetico, inclinandosi colla parte che riguarda il nord della Terra; e se osserviamo quale è in questo stato la direzione della corrente che lo percorre, troveremo che nella sua parte inferiore va da est ad ovest. Di più se vi si accosti una calamita, si vedrà che il polo nord di questa respinge l'estremità del solenoide che è volta verso il nord, ed attira quella che è volta verso il sud. Al contrario il polo sud della calamita attira l'estremità del solenoide che è volta verso il nord, e respinge quella che è volta verso il sud. Dunque la Terra e le calamite operano sui solenoidi nella stessa maniera che operano sulle calamite, e perciò l'azione della Terra sulle calamite e delle calamite fra loro è in pieno accordo colla teoria d'Ampère.

286. La Terra operando a guisa di calamita, se è vera la teoria d'Ampère, deve parimenti operare sulle correnti elettriche non altrimenti che farebbero delle correnti circolanti attorno alla Terra

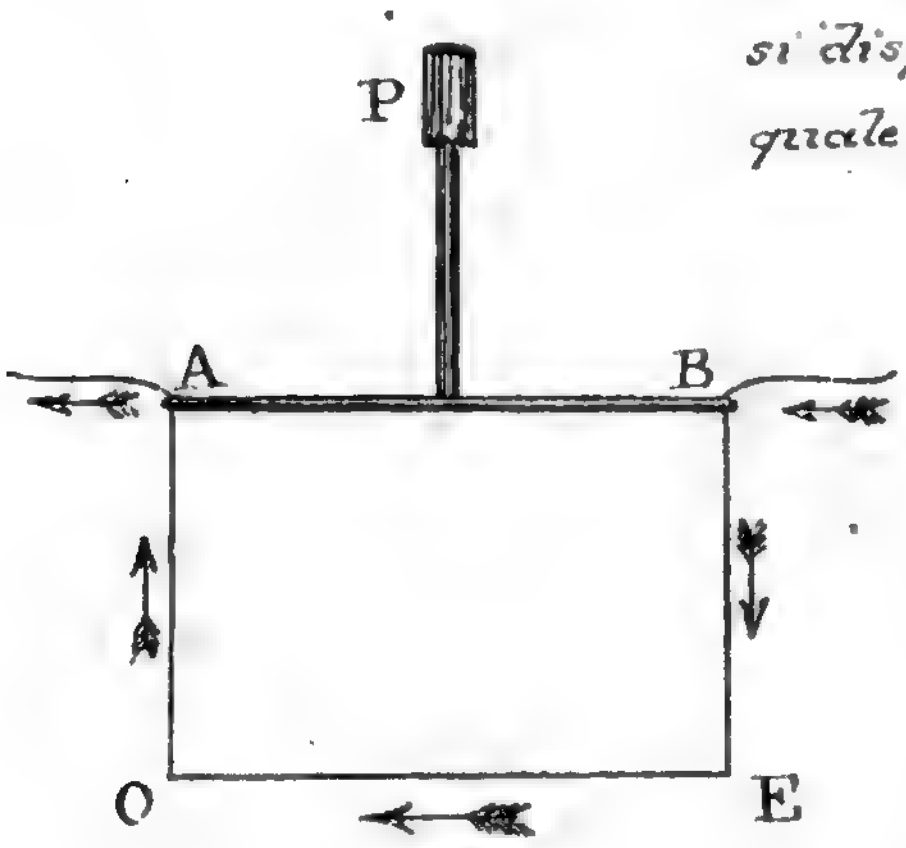
da est ad ovest perpendicolarmente al meridiano magnetico. E' tale appunto è l'azione della Terra sulle correnti elettriche. Difatto se un rettangolo o qualunque altra figura semplice rientrante in se stessa e mobile attorno di un asse verticale, mediante due vaschette piene di mercurio, s'introduca nel circuito voltaico per modo che la corrente segua la direzione indicata dalle frecce, vedia mo questo rettangolo disporsi perpendicolarmente al meridiano magnetico, di maniera che nella sua parte inferiore la corrente va da est ad ovest. Rovesciata la direzione della corrente, il rettangolo fa un mezzo giro per portarsi verso l'est col lato che prima era all'ovest e viceversa. Che poi questi fenomeni sieno veramente dovuti all'azione della Terra, o in altri termini che la Terra operi veramente sulle correnti elettriche come se anche essa fosse percorsa da correnti andanti da est ad ovest, si prova col sostituire al rettangolo semplice un rettangolo astatico (Fig. seg.) cioè piegato in modo che la corrente debba seguire alternativamente opposte direzioni. In questo doppio rettangolo non si manifesta movimento di sorta al certo non per altro se





non perchè è sottratto al-
l'azione della Terra.

Oltre di che se la Terra
è circolata da correnti nel
modo che si è detto, esse a
vranno la loro risultante
sull'equatore magnetico, e
sarà diretta da est verso
ovest. Se dunque un con-
duttore EO mobile attorno
di un asse orizzontale AB
si disponga in un piano il
quale non sia perpendico-
lare all'equatore
magnetico, que-
sto conduttore,
per l'azione della
risultante equato
riale, dovrà sol-
levarsi verso l'e-
quatore quando
in esso la corrente



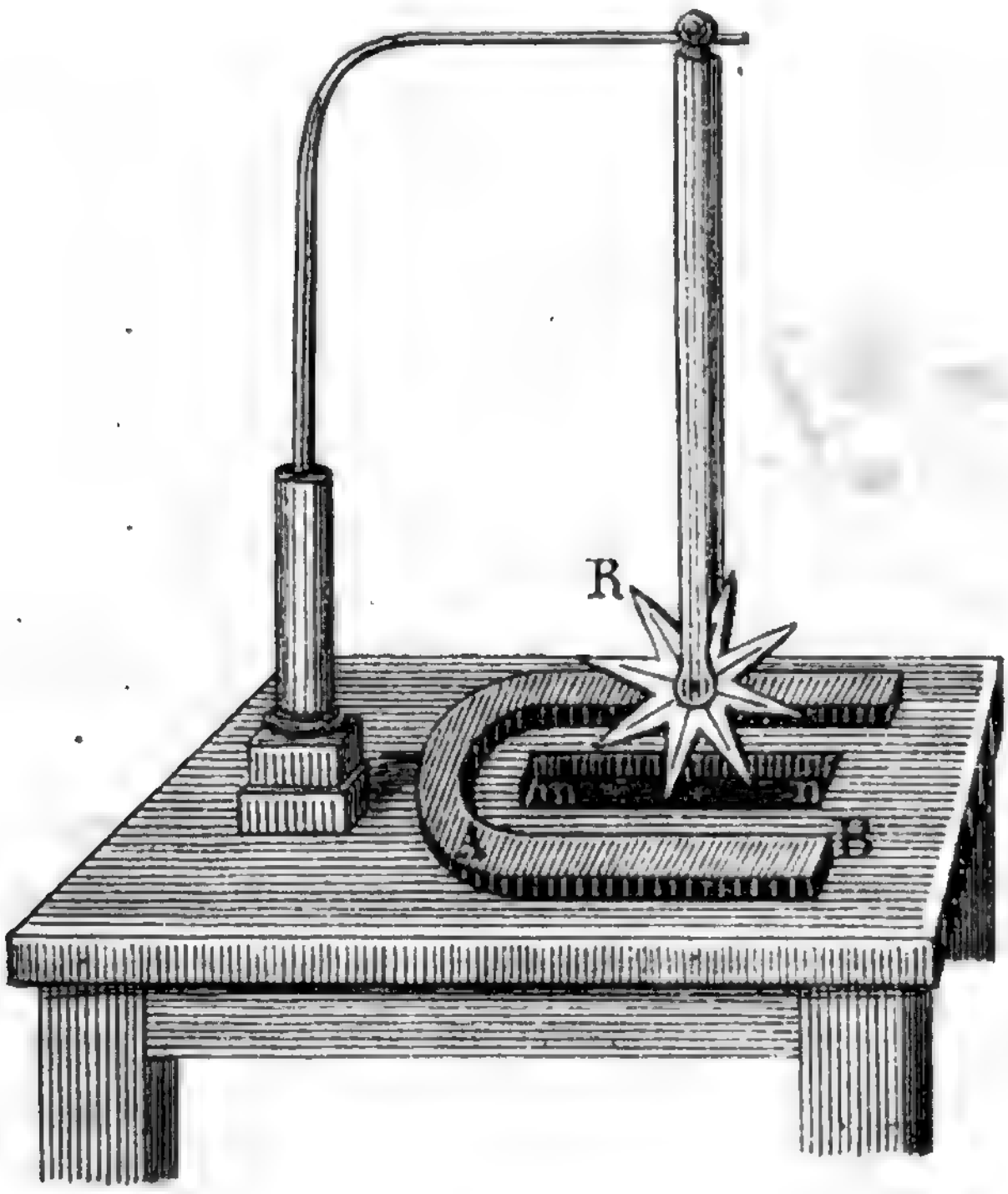
va da est ad ovest, e dovrà invece sollevarsi verso
il polo quando la corrente va da ovest ad est. Ora
questo è precisamente il risultato che si ha dall'espe
rienza; dunque la Terra opera sulle correnti non
altrimenti che se anch'essa fosse circolata da corren
ti andanti dall'est verso l'ovest. Se per mezzo di
un contrapeso P si distrugga nel conduttore EO l'ef
fetto della gravità e quindi si collochi questo con-

duttore in direzione normale al meridiano magnetico, la posizione che prende il piano AOEB in forza della risultante equatoriale è perfettamente d'accordo colla direzione che prende nella medesima latitudine l'ago d'inclinazione: ciò mostra che l'inclinazione magnetica è dovuta alla risultante equatoriale.

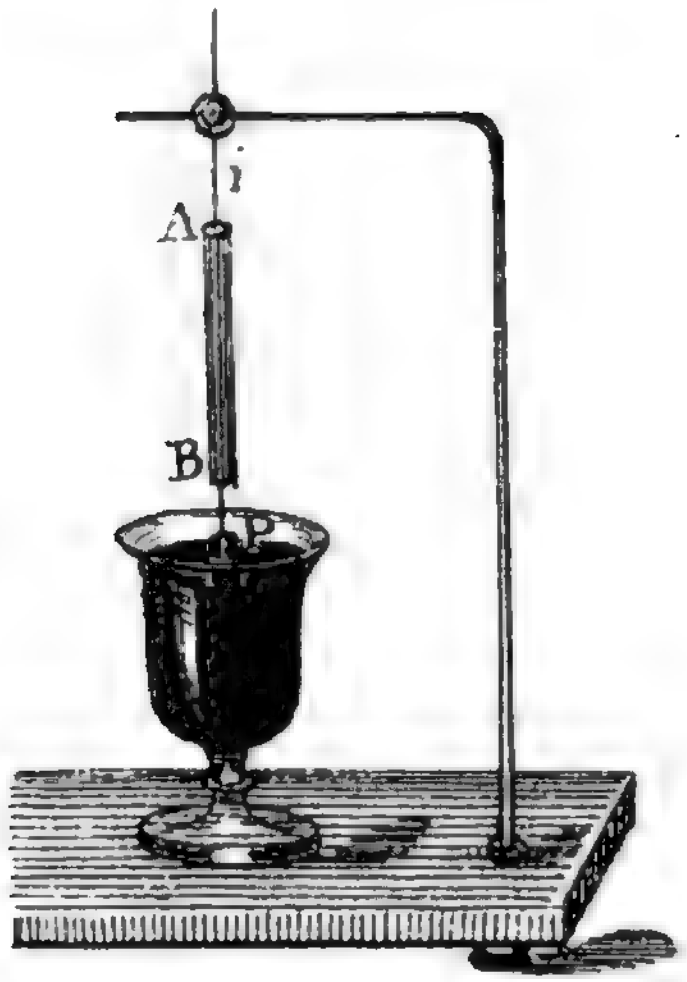
287. Dalla teoria d'Ampère si può dedurre logicamente che l'azione mutua delle calamite colle correnti e di queste colla Terra in certe circostanze deve produrre de' movimenti continui, come si è veduto (269) che sono talora prodotti dall'azione mutua delle correnti elettriche. La verità di questa deduzione è provata da molti fatti; ne indicheremo solamente alcuni, che serviranno a confermare l'identità dell'elettro-dinamica e del magnetismo.

Una rotella metallica R fissata verticalmente ad un asse orizzontale, attorno a cui essa può aggirarsi, tocchi coi punti più bassi di sua circonferenza, una superficie anu di mercurio, che è messa in comunicazione con un polo della pila, mentre l'altro polo comunica mediante l'asse colla rotella. Se alla corrente che sale o scende per la rotella si accosti un lato qualunque AB di una calamita, la rotella si muove come si moverebbe in vicinanza di correnti verticali; e siccome la parte della rotella attraversata dalla corrente cessa di esserlo tostochè non tocca più il mercurio, però l'azione della calamita trae la nuova porzione della rotella che è succeduta alla prima e così di seguito, donde risulta un movimento continuo di rotazione. Rove-

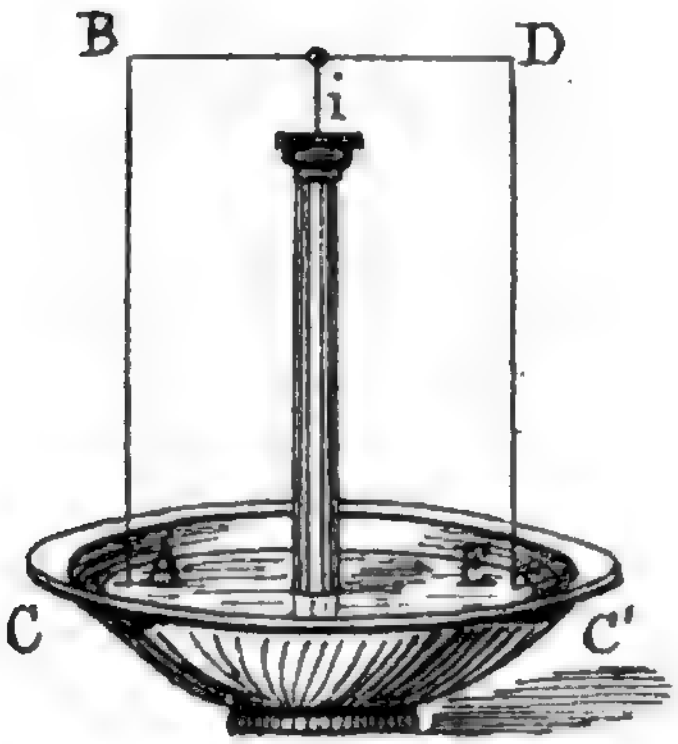
sciata la posizione della calamita o la direzione della corrente nella rotella, anche il moto di questa si rovescia, perchè all' attrazione sottentra la ripulsione e per converso. L'apparato che si è descritto appellasi mulinello di Barlow. Il movimento della rotella si rende più celere sottoponendola all'azione combinata di due lati di una calamita a ferro da cavallo.



Un cilindro d'acciaio calamitato AB (fig. seg.) sia immerso in un vaso contenente del mercurio, e tenuto in direzione verticale da un contrapeso di platino P. Un asse metallico i comunicante con un polo del



la pila vada a toccare l'estremità della calamita che è fuori del mercurio, mentre il mercurio medesimo comunica coll'altro polo della pila. Appena la corrente è stabilita, la calamita comincia a girare intorno all'asse verticale, come nelle medesime circostanze girerebbe una corrente orizzontale rientrante in se stessa. Il senso della rotazione dipende dalla direzione della corrente e dalla posizione dei poli della calamita relativamente alla superficie del mercurio.



Un filo metallico ABDE doppiamente piegato, per mezzo di una punta centrale i si metta in equilibrio sopra una colonnetta isolante superiormente terminata in un vasello pieno di mercurio; e ambedue le estremità del filo vadano a pescare nell'acqua acidula contenuta in un recipiente CC'. Allorchè l'acqua acidula ed il mercurio si fanno comunicare coi due poli di una pila, le due porzioni orizzontali del filo metallico saranno

percorse da correnti che andranno dalla periferia al centro i o da questo alla periferia. Nel primo caso vediamo che il filo si mette a girare dall'est all'ovest passando pel sud, e nel secondo dall'est all'ovest passando pel nord; come appunto dovrebbe accadere se il globo terrestre fosse circolato da correnti parallele all'equatore e dirette da est verso ovest.

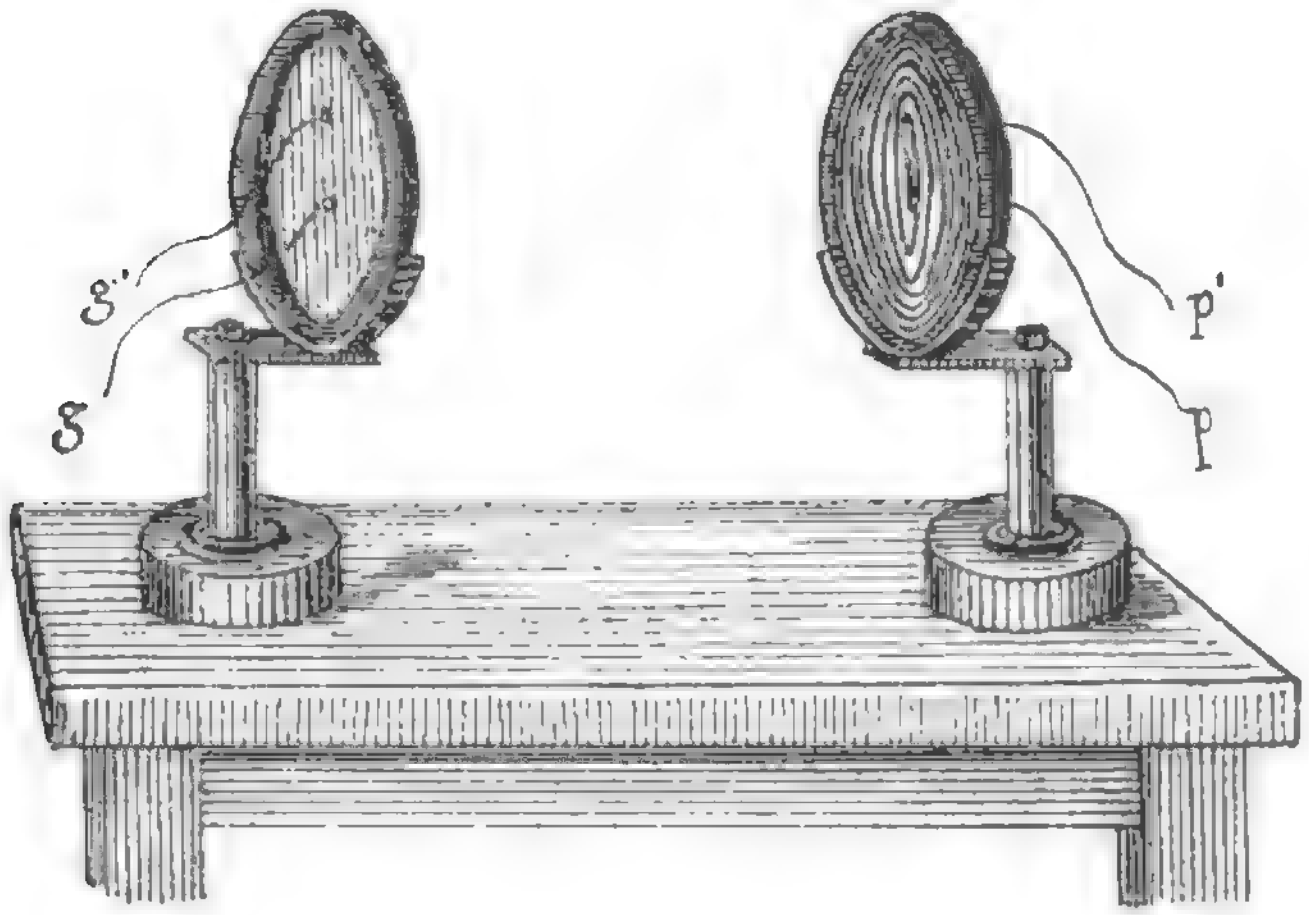
Articolo 7.°

Dell' induzione elettro-dinamica

288. Come l'elettricità nello stato di equilibrio o di tensione desta per influsso una simile elettricità nei conduttori isolati, che entrano nella sua sfera d'azione; così l'elettricità nello stato dinamico o di corrente induce delle correnti nei conduttori che le si accostano. E poichè le calamite e la Terra inducono anche esse delle correnti identiche a quelle che sono indotte dalle correnti voltaiche, la teoria dell'induzione elettro-dinamica ci offrirà un altro argomento in favore dell'identità dell'agente che produce i fenomeni della elettricità e del magnetismo.

Siano A e B due spirali piane disposte verticalmente su due colonnette, di maniera che si possa-

nio vicendevolmente avvicinare od allontanare. I due capi g, g' di una di queste spirali si facciano comu-



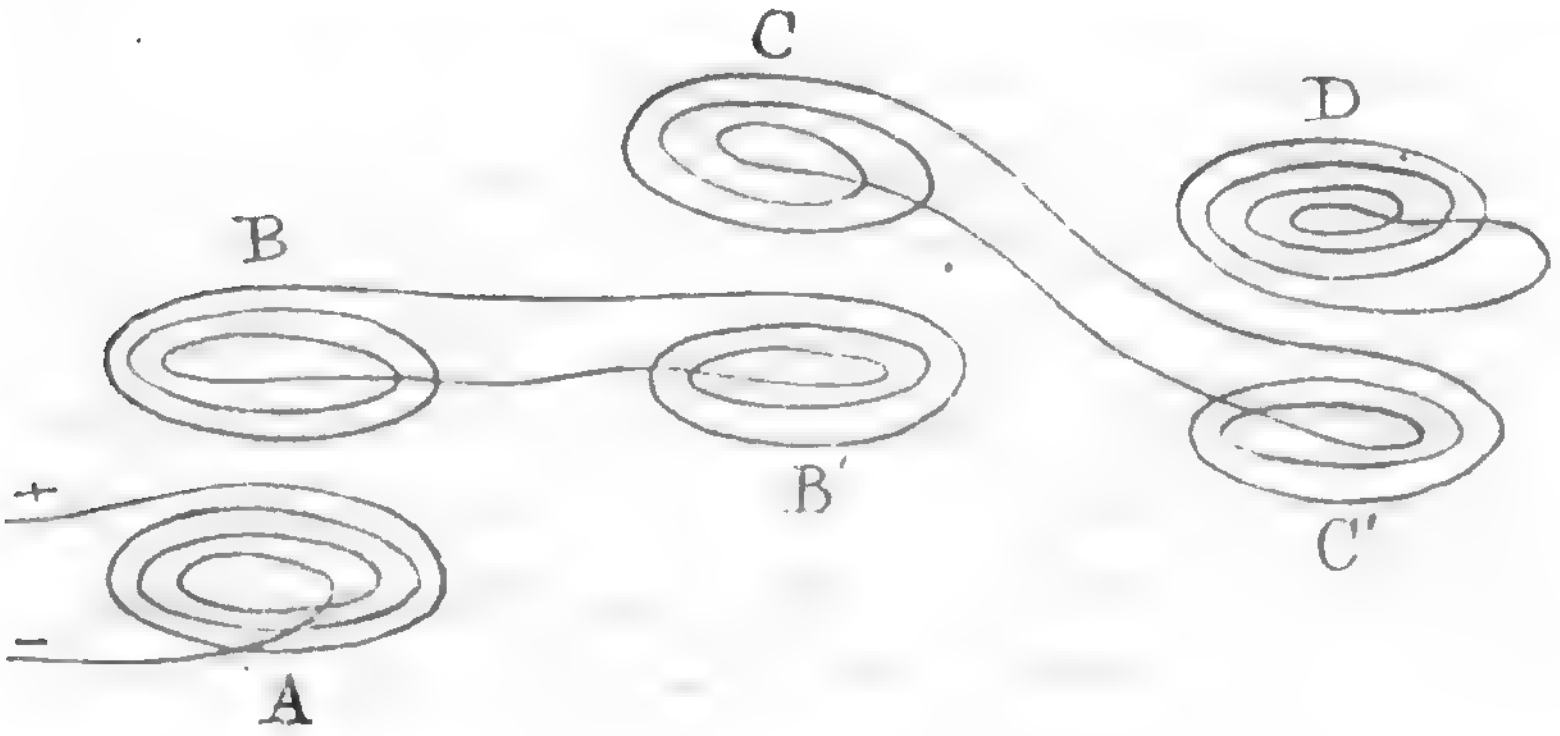
nicare col filo di un galvanometro, e i due capi p, P' dell'altra si mettano in comunicazione coi due poli di una pila. Al momento in che le due spirali si avvicinano, l'ago del galvanometro accusa una corrente contraria a quella della spirale B, e questa corrente cessa subito sebbene la corrente della pila seguiti a circolare per la spirale B. Quando poi si tornano ad allontanare le spirali, l'ago del galvanometro accusa un altra corrente passeggera che ha la medesima direzione di quella della spirale B: si vede dunque che „ la corrente voltaica nell'atto di avvicinarsi a un conduttore vi desta una corrente „ passeggera ed un'altra parimenti passeggera vi „ determina nell'allontanarsene „. Queste due correnti che si manifestano nella spirale A si appellano

correnti indotte, e la corrente che le ha destate corrente inducente. Le correnti indotte, che hanno la medesima direzione dell'inducente si dicono positive o dirette, e quelle che hanno direzione contraria all'inducente negative od inverse.

Sebbene le correnti indotte sieno di brevissima durata, pure non sono così istantanee come le scintille e le scariche dei corbenti armati; poiche quelle fanno deviare l'ago calamitato, mentre queste non esercitano azione alcuna sugli ordinari galvanometri magnetici, ma solo sui moltiplicatori a filo lunghissimo ed ottimamente isolato.

289. Le correnti indotte sono capaci d'indurne delle nuove correnti, e queste delle altre e così di seguito donde risultano diversi ordini di correnti

Ad una spirale orizzontale A se ne sopraponga una seconda B le cui estremità sieno unite ad una terza B' collocata a qualche distanza da B. Al-

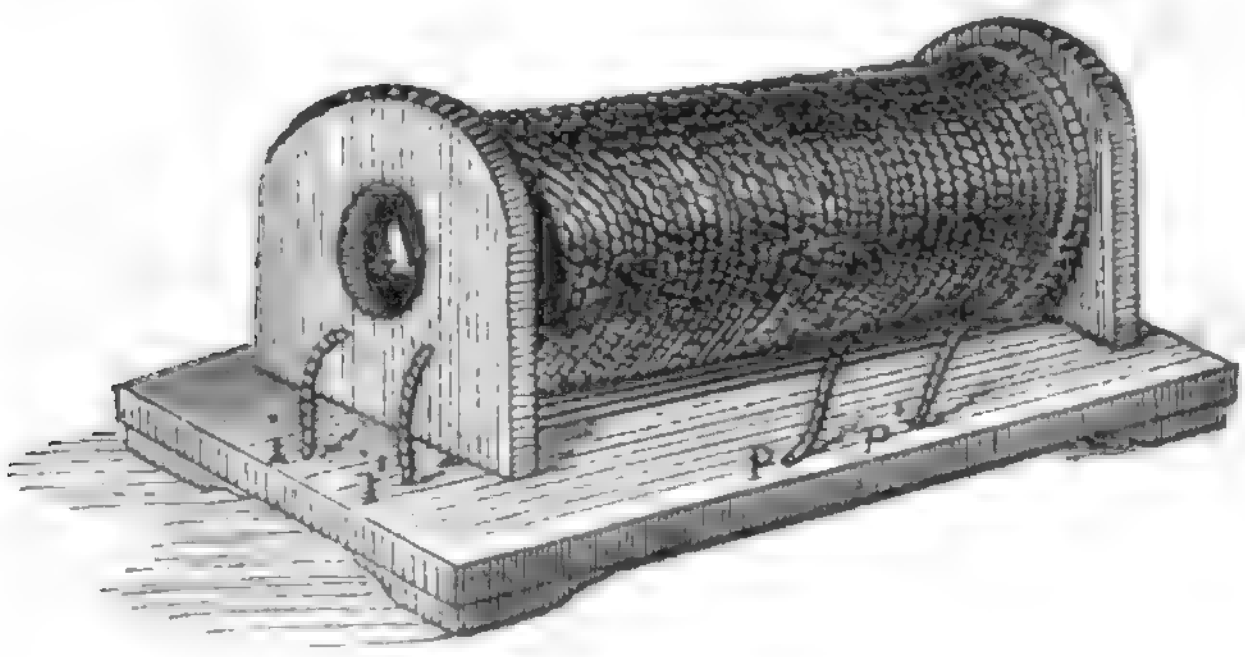


la spirale B' se ne soprapponga una quarta C le cui estremità si vadano parimenti a congiungere

con quelle di una giunta C', e così appresso. Appena ei fa passare la corrente di una pila per la spirale A, non solamente nella spirale B e per conseguenza nell'altra B', ma anche nelle spirali C, C', D si destano delle correnti istantanee. Lo stesso accade allorchè la corrente della pila cessa di passare per la spirale A. La corrente che circola per la spirale A dicesi di primo ordine; quella che la spirale A induce nella B di secondo, quella che la spirale B' induce nella C di terzo; quella che la spirale C' induce nella D di quarto, e via discorrendo. Tranne la corrente indotta nella spirale B che proviene immediatamente dall'azione della corrente voltaica e che, come abbiamo detto, è negativa nel suo cominciare e positiva nel finire, tutte le altre sono sempre negative ciascuna rispetto alla sua inducente, vale a dire che quelle di terzo ordine sono negative relativamente a quelle di secondo, quelle di quarto relativamente a quelle di terzo &c. Questa differenza fra le correnti di secondo e degli ordini più elevati dipende da ciò che le correnti indotte essendo di brevissima durata quando fanno da inducenti debbono quasi nello stesso tempo eccitare due correnti, una negativa nel cominciare, l'altra positiva nel finire; e la esperienza mostra che la prima cioè quella che si desta nel cominciare dell'inducente in questo caso prevale sulla seconda, e però quella sola si percepisce. Si dice in questo caso, perchè se l'induzione si operi per mezzo di una scarica elettrica, per esem

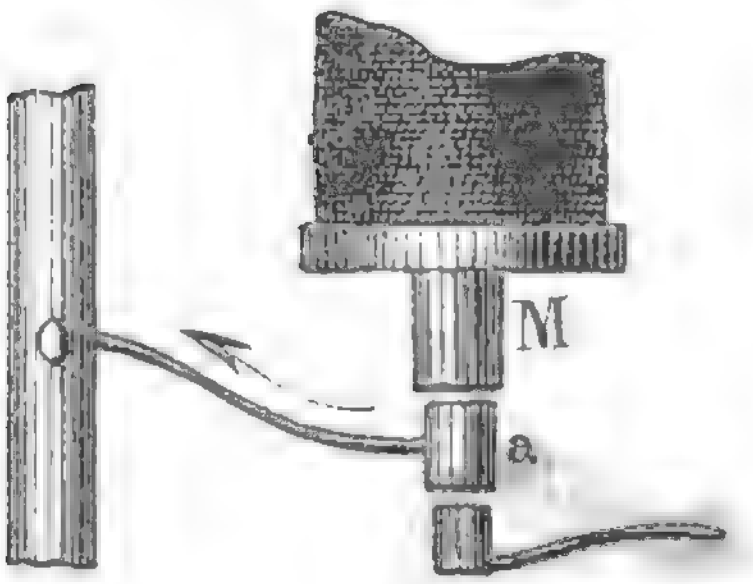
pio di una boccia di Leida, le cui armature si facciano commicare coi due capi della spirale A, per lo più accade che le correnti indotte sono tutte positive rispetto alle inducenti.

290. *L'energia delle correnti indotte dipende molto dalla lunghezza del circuito che viene sottomesso all'induzione. In generale tanto maggiore è l'energia delle correnti indotte quanto e' più lungo il circuito che le trasmette. Per sottoporre all'induzione un lungo circuito senza che si allontani di troppo dalla corrente induttrice si ravvolgono attorno ad un cilindro voto di legno due fili di metallo coperti di un*



buono isolante. Uno di questi fili p, p' che suol essere più grosso e più corto è destinato alla corrente inducente; nell'altro ii' più sottile e più lungo si manifesta l'induzione. Un elettromotore semplice basta a indurre nel filo ii' delle correnti capaci di produrre forti scosse ed altri effetti dell'elettricità di tensione. Ma affinchè le correnti indotte si succe-

dano senza interruzione è necessario che il circuito della pila venga successivamente chiuso ed aperto con grandissima rapidità. I meccanismi che servono ad effettuare questa rapida interruzione delle correnti si chiamano rootorni. Un rootorno molto adoperato è il seguente. Nel vano A del cilindro s'introduce una sbarra di ferro dolce M o un mazzetto di fili di ferro. A piccola distanza da questa sbarra è collocata un'àncora o martelletto a parimenti di ferro dolce che alzato apre il circuito della pila, ed abbandonato a se stesso lo richiude. Tostochè la corrente della pila comincia a passare per il filo p, p', la sbarra M di ferro si magnetizza, attira l'àncora, e la corrente resta interrotta. Interrotta la corrente, la sbarra di ferro perde il magnetismo e l'àncora ricade. Allora comincia di nuovo a circolare la corrente; la sbarra si magnetizza e l'àncora è nuovamente sollevata, e così di seguito. La sbarra di ferro che temporaneamente si magnetizza, oltre al produrre l'interruzione del circuito, fa anche l'ufficio di corrente induttrice (292) e così accresce l'energia delle correnti indotte nel filo ii'. Simili apparati, nei quali l'induzione è in parte prodotta da una calamita temporaria, si appellano elettro-magnetici.



291. *Per ottenere i fenomeni dell'induzione elettro-dinamica non sono necessarî due conduttori, uno destinato a condurre la corrente voltiana e l'altro a manifestare l'indotta. L'induzione si produce anche nel conduttore stesso che trasmette la corrente induttrice. Infatti finchè la lunghezza del circuito percorso dalla corrente di una pila è molto piccola, piccolissima o insensibile è pure la scintilla che si osserva all'aprirsi del circuito; ma se a questo circuito si aggiunga un lungo filo metallico, o meglio un lungo cilindro elettro-dinamico, la vivacità della scintilla va crescendo a proporzione che cresce la lunghezza del circuito (1). Dunque necessario ammettere che la corrente voltaica operando per induzione sulla materia stessa del suo circuito vi desti una corrente negativa nel cominciare ed una positiva nel finire. Che poi questa seconda corrente detta anche estracorrente sia la vera causa dell'aumento che si osserva nella scintilla ci è direttamente mostrato dall'esperienza; poichè se nell'atto che s'interrompe la corrente le due estremità del circuito voltaico si fanno comunicare fra loro mediante un conduttore, questo si trova momentaneamente percorso da forte corrente elettrica diretta nel senso della corrente voltaica, e*

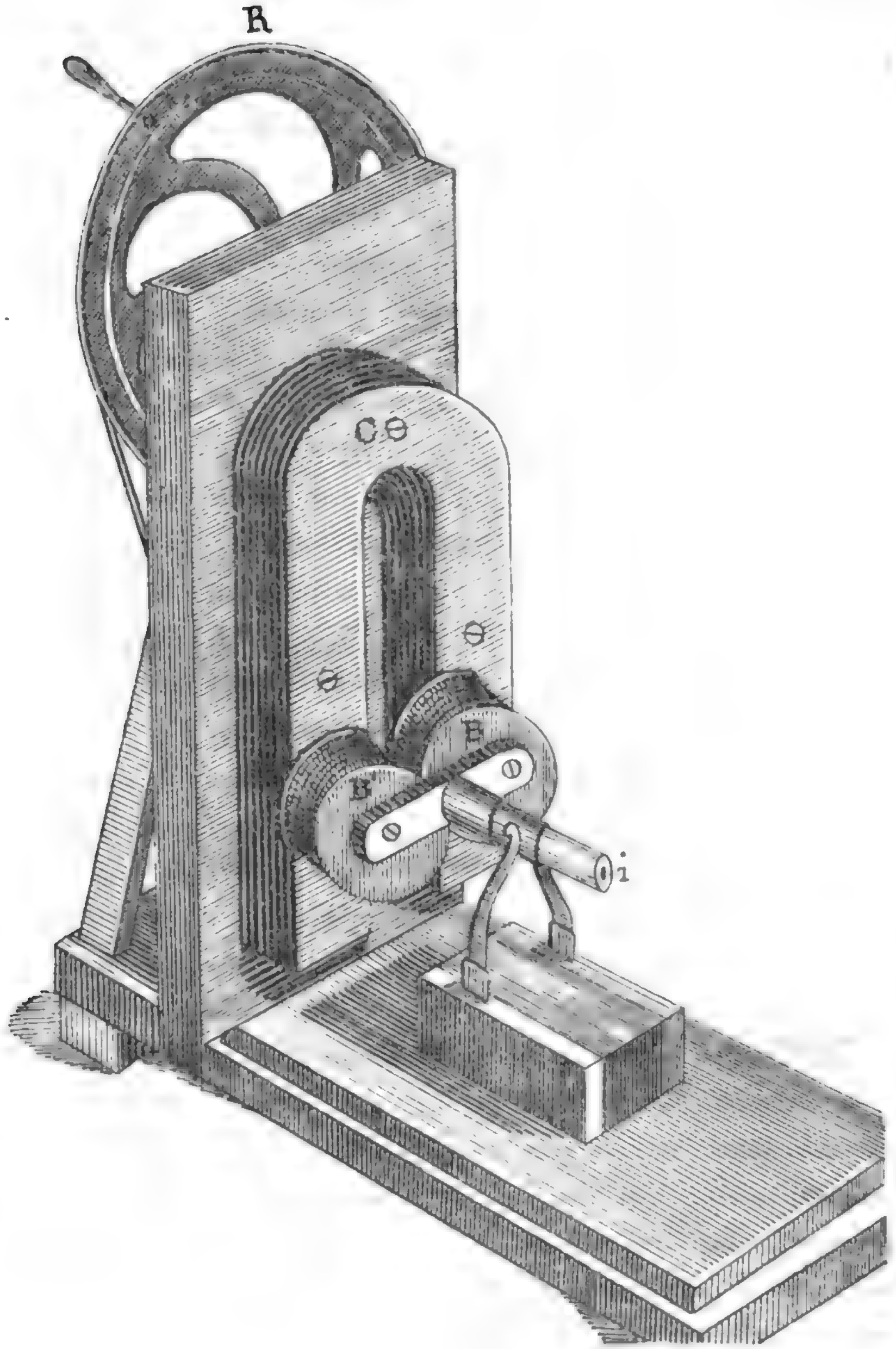
---

(1). Aggiungasi „ *Un tale aumento non si può attribuire alla corrente della pila sapendosi che l'intensità della corrente voltaica invece diminuisce a misura che cresce la lunghezza del circuito; è dunque necessario &c.*

se il conduttore che in quell'istante chiude il circuito è il nostro corpo, si sente una scossa violenta. Alla presenza dell'estracorrente si deve attribuire la grande energia che nelle macchine elettromagneti - che hanno le correnti indotte all'aprirsi del circuito voltaico, mentre quelle che si destano al chiudersi del circuito medesimo non essendo avvalorate dall'estracorrente, sono ben lungi dall'avere la medesima energia.

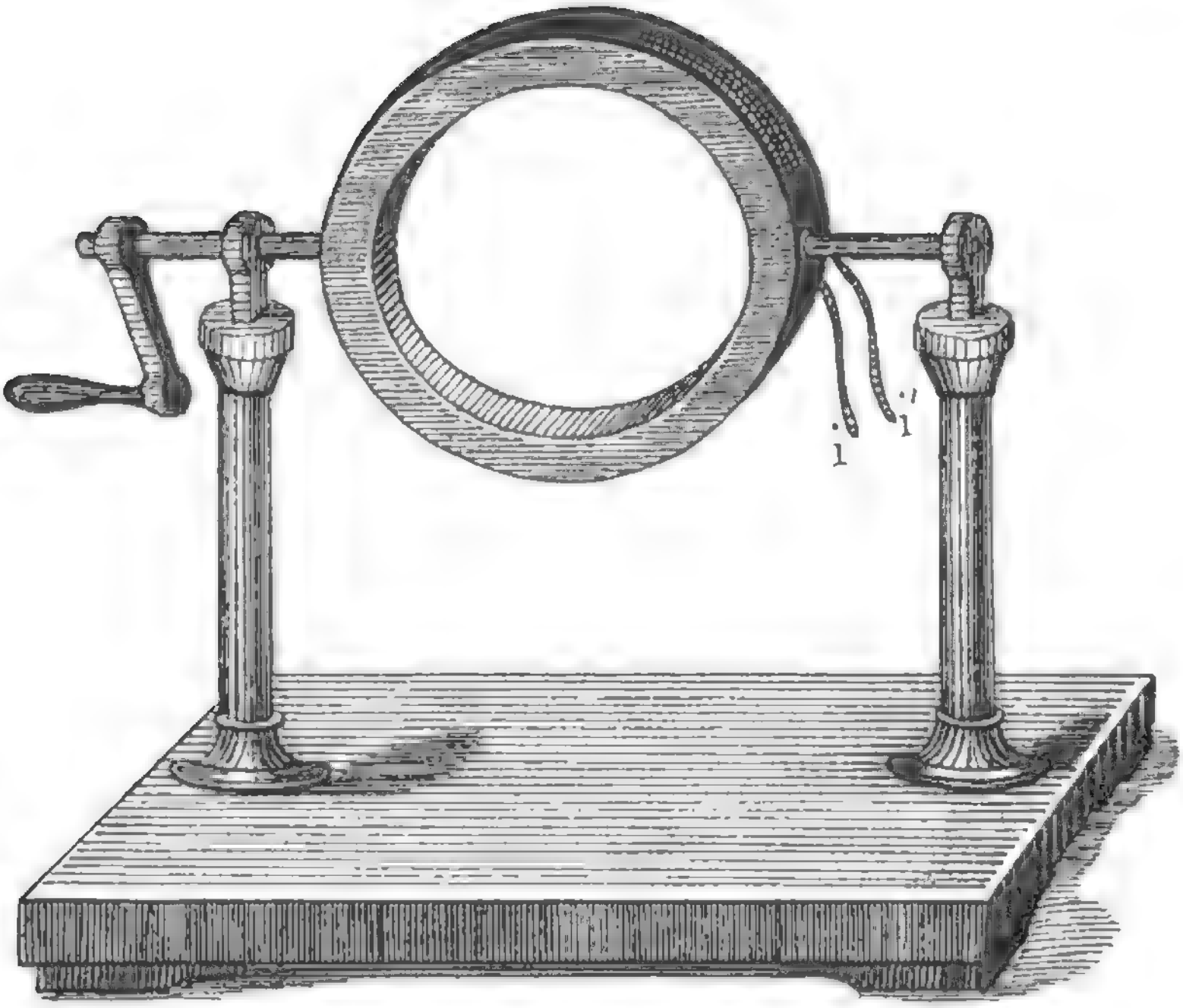
292. Le correnti d'induzione si eccitano in modo al tutto analogo anche delle calamite. Se i due capi di una spirale di filo metallico si fanno comunicare con un moltiplicatore e quindi s'introduce con prestezza una calamita nella spirale, l'ago del moltiplicatore ci annunzia una corrente passeggera che nella spirale va in senso contrario alle correnti che immaginiamo nella calamita: un'altra corrente pure passeggera ma diretta nel senso di quelle della calamita ci è indicata dall'ago nell'istante che si estrae la calamita dalla spirale. Queste correnti di induzione magnetica si ottengono eziandio accostando e discostando la spirale dà un polo della calamita. Un cilindro di ferro dolce introdotto nella spirale aumenta di molto l'energia delle correnti indotte dalla calamita, mentre magnetizzandosi anch'esso induce nella spirale medesima delle correnti che che cospirano con quelle che vengono indotte dalla calamita.

Su questi principii sono fondate le macchine magneto-elettriche nelle quali cioè l'elettricità si svi-


R
C
B
B
i

luppa mediante le calamita. Una delle più usate è quella di Clarke. La macchina magneto-elettrica di Clarke consiste in una forte calamita verticale C composta di più sbarre curvate a foggia di ferro da cavallo. Innanzi ai due poli della calamita sonovi due cilindri di ferro dolce B, B' mobili attorno un asse orizzontale; e a ciascun cilindro è ravvolta una spirale di filo di rame coperto di seta. I due capi di queste spirali che sono più vicini alla calamita vanno a riunirsi nell'asse di rotazione che è di metallo e gli altri due capi si riuniscono in un anello i metallico anch'esso, ma separato dall'asse mediante un isolante. Allorchè i cilindri di ferro dolce messi in moto per mezzo di una ruota R passano innanzi ai poli della calamita si destano in ciascuna spirale delle correnti che alternativamente cambiano direzione e rapidissimamente si succedono le une alle altre. Queste correnti sono atte a produrre tutti i fenomeni delle correnti ordinarie delle pile, colla sola differenza che le correnti destate dalle calamite non sono continue e vanno alternativamente in contrarie direzioni. Anche le calamite si vogliono dunque collocare fra gli elettro-motori.

293. A rendere sensibili le correnti indotte dal magnetismo della Terra basta prendere un'ampia spirale di filo metallico, le cui estremità i, i' comunichino coi due capi di un moltiplicatore. Collocato l'asse della spirale prossimamente parallelo all'ago d'inclinazione, se la si rovesci facendole fare un mezzo giro, si vedono comparire nel molti-



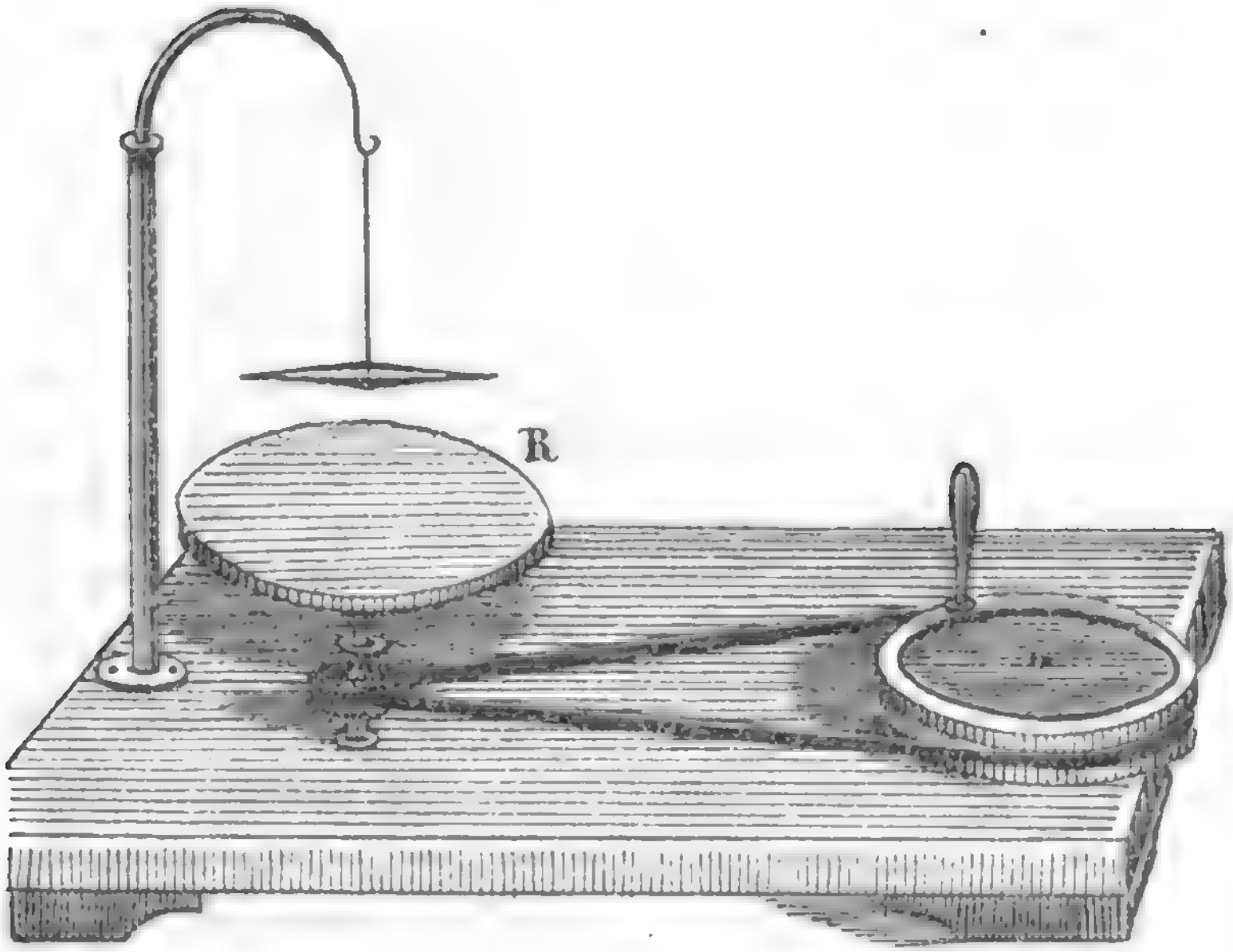
plicatore i segni di una corrente istantanea. Riportando la spirale alla posizione primitiva, si manifesta un' altra corrente istantanea, ma diretta in senso contrario della prima. L' intensità di queste correnti ha il suo massimo quando l'asse della spirale è parallelo all' ago d' inclinazione; quindi va diminuendo col crescere dell' angolo, che l' asse della spirale fà col meridiano magnetico.

Quanto alla direzione le correnti indotte dalla Terra sono sempre tali quali sarebbero se attorno al Globo circolassero da est ad ovest delle correnti perpendicolari al meridiano magnetico. Congiungen

do assieme i fili di molte spirali tutte fra loro parallele e mobili attorno ad un medesimo asse orizzontale, si ottiene una batteria elettro-tellurica, mediante la quale si hanno delle correnti capaci di produrre tutti i fenomeni delle correnti voltaiche. Trattandosi però di fenomeni che richiedono una certa tensione, è necessario che ciascuna spirale abbia nel suo interno un cilindro di ferro dolce, che magnetizzandosi per l'influsso della Terra induce nella spirale delle correnti le quali si aggiungono alle correnti che sono immediatamente indotte dalla Terra.

294. All'induzione elettrodinamica si riducono i seguenti fenomeni. Se un ago calamitato si faccia successivamente oscillare in vicinanza di varî corpi, le sue oscillazioni diminuiscono in ampiezza e cessano tanto più prontamente quanto miglior conduttore dell'elettrico è il corpo sottomesso al suo influsso. Così per esempio facendo oscillare un ago di declinazione prima sopra un disco di marmo, poi sopra uno di zinco e finalmente sopra uno di rame, si trova che i tempi impiegati dall'ago a diminuire di un certo numero di gradi l'ampiezza delle sue oscillazioni sono fra loro come i numeri 1 : 0,6 : 0,5. Di qui è venuto l'uso dei così detti smorzatori, cioè delle lastre o dischi di rame che si collocano negli apparati magnetici, affinchè le oscillazioni delle sbarre o degli aghi calamitati vengano così estinguersi al più presto possibile.

Come un conduttore in equilibrio arresta il moto



di una calamita, così una calamita in equilibrio è messa in moto da un conduttore che si muove. Si prenda un disco R di rame o di altra sostanza conduttrice, e si fissi orizzontalmente ad un apparato di rotazione. A qualche distanza sopra il centro del disco si sospenda un ago calamitato di maniera che l'asse dell'ago sia sensibilmente parallelo al piano del disco. Messo questo in rotazione, l'ago devia dalla sua posizione di equilibrio facendo nel senso stesso della rotazione un angolo col meridiano magnetico più o meno grande secondo la maggiore o minore velocità di rotazione.

Crescendo questa velocità anche l'ago concepisce un moto rotatorio, che va sempre accelerandosi fino ad uguagliare quello del disco. Rovesciato il senso del movimento nel disco, il moto dell'ago subito ritarda e poi cessa; ma ben presto ricomincia nel senso contrario, di maniera che il moto finale dell'ago è sempre eguale e nello stesso senso con quello del disco. Se in cambio dell'ago calamitato si sospenda liberamente il disco e quindi vi si accostino i poli di una calamita a ferro di cavallo che giri velocemente attorno al suo asse di simmetria, si vede che il disco concepisce un simile movimento di rotazione. Le sostanze non magnetiche poste fra la calamita e il disco non modificano affatto questi fenomeni. E se all'ago calamitato si sostituisce un solenoide animato da forte corrente elettrica, si ottiene il medesimo risultato, abbiamo quindi un analogia di più fra le calamite ed i circuiti paralleli percorsi da correnti che hanno la medesima direzione.

Questi fatti conosciuti sotto il nome di magnetismo di rotazione dimostrano che in certe circostanze i conduttori e le calamite o i circuiti chiusi tendono per mutuo influsso alla quiete relativa. Che poi siffatta tendenza sia un effetto dell'induzione elettrodinamica, oltre l'argomento diretto che ce ne danno le indicazioni galvanometriche le quali accusano nel disco girante delle correnti indotte, ne abbiamo una prova nell'effetto che le interruzioni di continuità producono nel disco sottomesso all'esperienza. Imperocchè se si oprano delle fenditure nella direzio-

ne dei raggi del disco senza punto diminuirne la massa, scema notabilmente ed anche si annulla il moto prodotto dalla rotazione. Tale diminuzione o annullamento di moto non può avvenire per altro se non perchè le interruzioni di continuità sono d'impedimento allo stabilirsi nel disco le correnti, che sempre esigono un circuito chiuso. Infatti per restituire al disco la sua efficacia basta chiudere quelle fenditure con qualche sostanza conduttrice. Tanto più che la differenza di efficacia che presentano in questi fenomeni i diversi metalli combina perfettamente, come già indicammo, colla facoltà conduttrice de' medesimi e per conseguenza colla facoltà più o meno grande che offrono alla produzione delle correnti in dotte.

Il movimento può destare delle correnti elettriche nei conduttori anche per l'influsso della Terra. Un disco metallico orizzontale posto in moto di rotazione soffre dal magnetismo terrestre un'azione che vi determina delle correnti nella direzione de' suoi raggi, cioè dal centro alla circonferenza o dalla circonferenza al centro secondo il senso della rotazione. Queste correnti si percepiscono mettendo un capo del galvanometro in comunicazione coll'asse e l'altro colla periferia del disco. Nessun effetto ha luogo se il disco gira nel piano del meridiano magnetico; ma tostochè il piano del disco è per poco inclinato al meridiano, la rotazione vi desta subito delle correnti elettriche le quali, per una stessa velocità di rotazione, hanno il massimo d'intensità quando il pia-

no del disco è perpendicolare alla linea d'inclinazione. La facilità con che il magnetismo della Terra induce delle correnti elettriche nei conduttori in movimento ci fa presumere che le masse metalliche in moto sieno quasi sempre animate da correnti elettriche: ciò deve specialmente accadere ai diversi pezzi di una locomotiva a vapore in azione.

Capo III.

Propagazione dell'elettrico attraverso i corpi ed effetti che accompagnano questa propagazione

La propagazione dell'elettrico dovendosi considerare in se stessa e ne' suoi effetti, diremo prima delle leggi che risguardano la propagazione dell'elettrico attraverso i buoni e cattivi conduttori; quindi tratteremo degli effetti fisici, chimici e fisiologici che accompagnano questa propagazione.

Articolo 1.

Propagazione dell'elettrico attraverso i buoni conduttori.

295. *La propagazione dell'elettrico ora si fa lentamente ed ora rapidamente Questo secondo modo di propagazione quando non è affatto istantaneo*

costituisce la corrente propriamente detta, ed i corpi che così trasmettono l'elettrico si dicono buoni conduttori o conduttori della corrente. Si hanno poi per buoni conduttori dell'elettrico tutti quei corpi i quali messi in comunicazione con due sorgenti di elettricità contrarie, per esempio coi due poli di una pila, fanno deviare l'ago calamitato, e per conseguenza producono le attrazioni e ripulsioni elettro-dinamiche.

I metalli, come già si disse, sono buoni conduttori dell'elettrico. La conducibilità relativa de' diversi metalli si determina osservando le variazioni che producono nell'ago di un galvanometro, allorchè ridotti a fili dello stesso diametro e lunghezza si fanno successivamente comunicare coi due poli di un elettro motore a forza costante. Chiamata 100 la conducibilità dell'argento, la tavola seguente mostra le conducibilità de' principali metalli alla temperatura 0°.

Argento	100
Rame	91,5
Oro	64,9
Cadmio	24,5
Zinco	24
Ottone	21,5
Stagno	14
Ferro	12,3
Antimonio	8,9
Piombo	8,2

Platino	7,9
Mercurio	4,7
Bismuto	2,6 .

Crescendo la temperatura, la conducibilità dei metalli diminuisce tanto più quanto sono più fusibili. Continuando a chiamare 100 la conducibilità dell' argento a 0°, per le temperature 100° e 200° si sono avuti i risultati seguenti :

Conducibilità a 100° — a — 200°

Argento	71,3	54,4
Rame	64,9	40,3
Oro	48,4	40
Ottone	18,1	15,8
Stagno	15,6	10,8
Ferro	8,5	5,1
Piombo	5,7	4,9
Platino	7,6	6,6 .

Si vede da questa tavola che la temperatura non solamente influisce sulla conducibilità assoluta de' metalli, ma anche sulla relativa ; imperocchè la conducibilità dell' oro che a 0° non è che 0,7 di quella del rame, ai 200° gli diviene quasi uguale ; ed il platino che a 0° ha conducibilità inferiore al ferro ed al piombo , ai 100° l'ha superiore al piombo ed ai 200° anche al ferro. Del resto tutto ciò che altera la disposizione molecolare dei metalli altera ancora

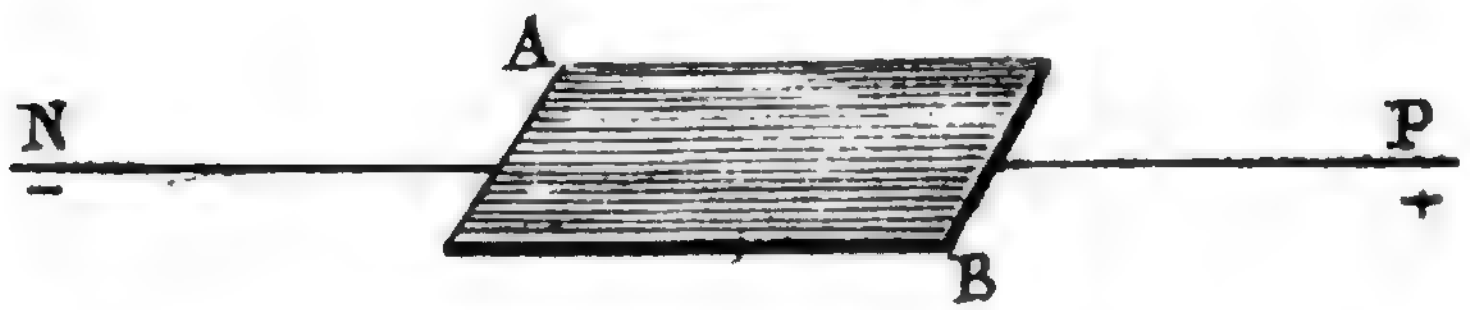
la loro facoltà conduttrice. Così p. e. i fili di argento, di rame e di ferro inerditi nel passare alla filiera conducono meno bene di quando si sono fatti ricuocere.

Oltre i metalli, sono conduttori della corrente elettrica il carbone e certi minerali metallici; ma la difficoltà di ridurre queste sostanze alle medesime dimensioni e allo stato di purezza impedisce che se ne possa determinare la conducibilità con precisione. La conducibilità del carbone cresce al crescere della temperatura. Questa azione del calorico contraria a quella che esercita sui metalli, ne differisce anche in ciò che l'effetto è permanente; vale a dire il carbone dopo essere stato esposto una volta ad altissima temperatura diventa subitamente miglior conduttore dell'elettrico. Ma la conducibilità delle diverse specie di carbone è tanto diversa che dal diamante, ottimo isolante, fino alla grafite e al coke i quali conducono assai bene, si può passare per quasi tutti i gradi intermedî di conducibilità.

296. La conducibilità de' liquidi si determina empiendone de' cannelli di vetro della medesima lunghezza e diametro. In questa maniera si è trovato che la conducibilità de' buoni conduttori liquidi è più milioni di volte inferiore a quella dell'argento. Buoni conduttori fra i liquidi sono gli acidi specialmente il solforico, il nitrico, ed il cloroidrico e le soluzioni saline. In generale la conducibilità delle soluzioni saline cresce col crescere della densità, non però indefinitamente. Così l'acido

solforico, il nitrico ed il cloroidrico hanno il massimo di facoltà conduttrice rispettivamente alle densità di 1,26; 1,31; 1,11: ed una soluzione satura di nitrato di rame acquista una conducibilità presso che doppia allorchè si diluisce per modo da raddoppiarne il volume. L'elevazione di temperatura fa crescere notabilmente la facoltà conduttrice de' liquidi. Nell'acido nitrico e nelle soluzioni di solfato di rame e di zinco si è trovato che la conducibilità cresce di oltre a 0,02 per ogni grado di temperatura.

297. La prima legge che ci si offre quando ci facciamo a considerare la propagazione delle correnti per un buon conduttore è la tendenza che ha l'elettrico a distribuirsi o piuttosto a diffondersi per tutta l'estensione del conduttore medesimo. Per dimostrare questa legge quanto ai conduttori solidi basta-



prendere una lamina metallica AB assai larga e terminata alle due estremità per due fili P ed N ugualmente metallici collocati sul prolungamento del

la retta che divide la lamina in due parti eguali e destinati a metterla nel circuito voltaico. Collocata questa lamina orizzontalmente nella direzione del meridiano magnetico, noi vediamo che un piccolo ago calamitato us delicatamente sospeso prova a un dipresso la medesima deviazione qualunque sia la porzione della superficie metallica a cui si avvicina. Possiamo adunque ammettere che la corrente passando per un solido si diffonde su tutta l'estensione del conduttore; donde consegue che l'intensità della corrente sarà tanto maggiore quanto é minore la sezione trasversale del conduttore. L'intensità che acquista la corrente nelle parti più strette del conduttore dà ragione dell'attrarre che esse fanno la limatura di ferro, mentre le parti larghe non ne attraggono la più piccola quantità; come anche del calore che accompagna il passaggio dell'elettrico per le parti strette del conduttore, laddove le parti molto larghe non cambiano sensibilmente di temperatura. La legge che abbiamo dimostrata non si verifica rigorosamente che nei conduttori che hanno una dimensione p. e. la lunghezza assai maggiore delle altre; in caso diverso la legge é meno semplice, ma le variazioni sono per lo più tanto piccole che fisicamente si possono trascurare. L'elettricità dinamica manifesta la medesima tendenza a disseminarsi anche quando é trasmessa pei liquidi che vengono decomposti dalla corrente.

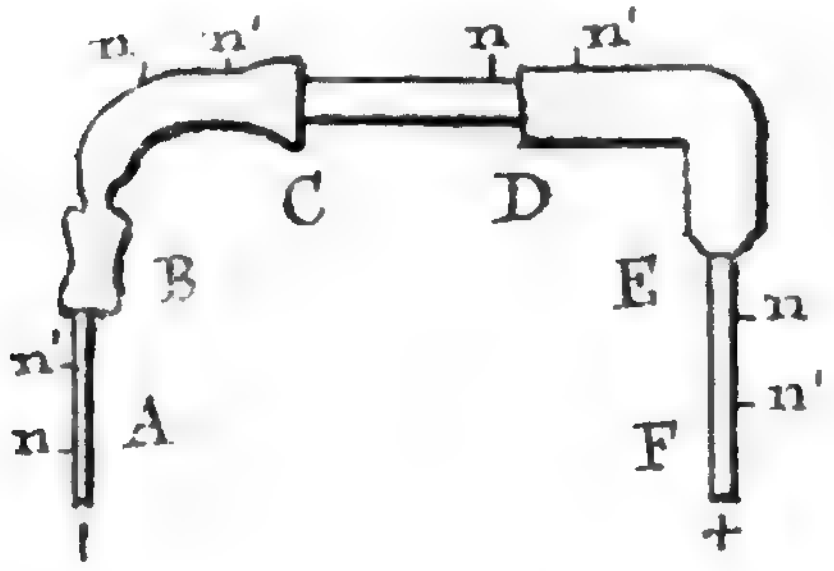
298. La seconda legge a cui é sottomessa la

propagazione dell'elettricità per i buoni conduttori è che due o più correnti possono essere trasmesse nel lo stesso tempo per un medesimo conduttore, senza che mutuamente si modifichino, eppero' in una maniera del tutto indipendente le une dalle altre. Questa legge si può provare facendo passare attraverso un conduttore due correnti di maniera che i fili che le compongono si debbano intersecare ad angolo retto. L'intensità di ciascuna di queste correnti resta la stessa o sia che ciascuna separatamente o sia che ambedue simultaneamente attraversino il conduttore. Una terza corrente può anche passare attraverso il conduttore che trasmette le altre due e la trasmissione si opera nella stessa maniera che se il conduttore non fosse attraversato da alcun' altra corrente. Una simile indipendenza nella propagazione dell'elettrica si estende anche ad un maggior numero di correnti le cui direzioni sieno fra loro più o meno oblique.

299. La terza legge è che l'intensità di una corrente diminuisce sempre che la corrente da un conduttore solido passa in un liquido o per converso Un conduttore liquido contenuto in un vaso isolante sul percorso di una corrente elettrica; se per mezzo di una o più lamine metalliche si divida il vase in due o più scompartimenti, l'intensità della corrente diminuisce, sebbene le lamine metalliche conducano molto meglio degli strati liquidi di cui occupano il luogo. Una tale diminu-

zione d'intensità dicesi resistenza al passaggio ed ha luogo tutte le volte che una corrente è trasmessa per un conduttore liquido, poichè ad introdurre i liquidi nel circuito elettrico è necessario adoperare degli elettrodi solidi

300. La quarta legge che si manifesta nella propagazione delle correnti è che tutte le sezioni trasversali di un medesimo circuito, compresovi anche l'apparato elettromotore, sono percorse nello stesso tempo dalla stessa quantità di elettrico, qualunque sia la loro natura, forma ed estensione; circostanze che influiscono sulla intensità assoluta della corrente, ma non sulla intensità relativa delle diverse parti di un medesimo circuito. Rappresenti ABCDEF un circuito composto di conduttori di diverse forme e natura percorsi da una corrente elettrica. Se due punti qualunque n, n' di questo circuito si mettano in comunicazione coi due capi del filo di un galvanometro, l'ago accusa sempre una corrente della medesima intensità, purchè la distanza fra i due punti n, n' si mantenga costantemente la stessa.



Risulta da questa legge che l'intensità assoluta dell'elettricità, che sotto forma di corrente attraverso un circuito chiuso, unicamente dipende

da due circostanze; dalla forza o dalle forze che producono l'equilibrio elettrico e che possiamo chiamare forze elettromotrici, e dalla resistenza alla conducibilità che presenta tutto l'assieme del circuito; onde potremo anche dire che l'intensità di una corrente è direttamente proporzionale alla somma delle forze elettromotrici che sono in attività nel circuito, ed inversamente proporzionale alla resistenza totale ossia alla somma delle resistenze di tutte le parti del circuito medesimo; ed in altri termini che l'intensità F di una corrente uguaglia la somma E delle forze elettromotrici divisa per la somma R delle resistenze, ossia

$$F = \frac{E}{R} .$$

L'esperienza ha confermato entro certi limiti l'esattezza di questa legge.

301. La quinta legge, che discende immediatamente dalla precedente, è che se cresce o diminuisce la resistenza in una parte qualunque di un circuito percorso dalla corrente, l'intensità totale della corrente medesima diminuisce o cresce nello stesso rapporto che passa fra la resistenza aggiunta o sottratta e la nuova resistenza totale dell'intero circuito. Infatti se nella formola $F = \frac{E}{R}$, R diventi $R+r$, ovvero $R-r$, F diventerà $\frac{E}{R+r}$, ovvero $\frac{E}{R-r}$; onde chiamando F' l'intensità della corrente nel pri-

(51)

no caso di F'' nel secondo, si avrà

$$F : F' = \frac{E}{R} : \frac{E}{R+r} = \frac{1}{R} : \frac{1}{R+r} = R+r : r ,$$

$$F : F'' = \frac{E}{R} : \frac{E}{R-r} = \frac{1}{R} : \frac{1}{R-r} = R-r : r ;$$

e quindi

$$F-F' : F = r : R+r ,$$

$$F''-F : F = r : R-r ;$$

vale a dire la diminuzione d'intensità $F-F'$ è all'intensità primitiva F come la resistenza aggiunta r è alla nuova resistenza totale $R+r$: e l'aumento d'intensità $F''-F$ è all'intensità primitiva F come la resistenza sottratta r è alla nuova resistenza totale $R-r$.

Quindi apparisce che quanto maggiore è la resistenza in una parte del circuito, tanto minore sarà l'influenza che la resistenza delle altre parti del circuito esercita sull'intensità della corrente ; e siccome la resistenza interna di una pila cresce notabilmente col crescere degli elementi, perciò l'intensità di una corrente prodotta da una pila composta di molti elementi è solo di poco diminuita da una resistenza esteriore ancorchè assai grande.

302. Per ultima legge della propagazione dell'elettrico sotto forma di corrente poniamo il fatto

che la resistenza opposta alla corrente da un conduttore omogeneo è in ragione diretta della sua lunghezza e nell'inversa della sezione. La prima parte di questa legge è stata direttamente verificata con molte sperienze. Quanto alla seconda essa è una conseguenza necessaria della distribuzione uniforme dell'elettricità dinamica su tutta l'estensione del conduttore omogeneo che la trasmette. Imperocchè se l'elettricità dinamica non si porta solo alla superficie de' corpi come la statica, ma invade tutte le parti del conduttore che la trasmette è manifesto che la conducibilità per l'elettrico deve crescere, e per conseguenza diminuire la resistenza a misura che cresce la superficie della sezione trasversale

---

Articolo 2.°

Propagazione dell' elettrico attraverso i cattivi conduttori solidi e liquidi

303. Si dicono cattivi conduttori o conduttori imperfetti dell'elettrico quei corpi che oppongono qualche passaggio, ma che non lo trasmettono sotto forma di corrente propriamente detta, cioè ca-

pace di far deviare un ago calamitato, e per conse-
guenza di produrre le attrazioni e ripulsioni elettro
dinamiche. Sotto il nome di cattivi conduttori si
comprendono dunque anche i corpi che si appella-
no isolanti, come il vetro, le resine, le sostanze gras-
se ed oleose; poichè anche questi corpi si lasciano
in qualche modo attraversare dall'elettrico. Infatti
se un cilindro di cera lacca si tenga per alcuni
minuti a contatto del conduttore positivo della
macchina elettrica, e quindi si stropicci con un
panno di lana, dà segni di elettricità negativa,
ma dopo qualche tempo torna di nuovo a mostra-
re l'elettricità positiva che la macchina gli aveva
comunicata e che lentamente si era propagata nel
l'interno della sua massa. Anche i liquidi che
diconsi isolanti in realtà non sono che cattivi con-
duttori dell'elettrico. Collocato sul cappello di un
elettroscopio un vaso di metallo con entro dell'olio
di oliva che fra tutti gli oli vegetali ed animali
è il migliore isolante, si osserva che un corpo elet-
trizzato trasmette attraverso di esso lentamente si
ma sensibilmente una parte del suo elettrico al-
l'elettroscopio.

304. E' cosa notabile che l'elettricità negativa
si propaga più facilmente della positiva tanto nel-
la superficie che nell'interno de' cattivi conduttto-
ri. L'esperienza si fa comunicando ad una sfera
metallica una certa carica elettrica ora positiva ed
ora negativa, ed osservando la diminuzione di for-
za elettrica che soffre la sfera per il contatto di

un cattivo conduttore. La differenza è tanto sensibile che la sfera carica di elettricità negativa giunge a perdere fino il doppio dell'elettrico che in egual tempo perde quando è carica di elettricità positiva. Questo fatto ci dà in parte la spiegazione de' diversi fenomeni che ci offrono le due specie di elettricità nello stato di tensione. Uno di questi fenomeni è il seguente che va sotto il nome di figure di Lichtemberg. Si elettrizzano due punti vicini sul mastice di un elettroforo, il primo di elettricità positiva ed il secondo di elettricità negativa. Sopra questi due punti si fa cadere un miscuglio di polvere di solfo e di minio, dopo avere agitato alquanto il recipiente che le contiene. Le due polveri escono dal recipiente elettrizzate per attrito, il minio positivamente ed il solfo negativamente. Quello è attratto dal punto del mastice carico di elettricità negativa, e vi fa attorno un'aiuola circolare col uniforme; questo è attratto dal punto carico di elettricità positiva, e gli fa attorno una stelletta radiante e ramificata. L'elettricità negativa trovando sul mastice minore la resistenza, maggiormente si diffonde per ugual maniera tutto attorno al punto elettrizzato, laddove l'elettricità positiva che trova maggiore resistenza, si tiene più raccolta e condensata, ne' si dirama che in filetti ristretti ed ineguali.

305. *L'elevazione di temperatura suole facilitare la propagazione dell'elettrico pei cattivi conduttori. Il vetro, le resine, la cera ed una tempe-*

nulla sufficiente per rammollirle, non sono più isolanti, e molto meno lo sono ridotte a stato liquido. Anzi il vetro in questo stato diventa buon conduttore per modo che una corrente anche debole è trasmessa pel vetro fuso per modo da far deviare l'ago del galvanometro. Lo stesso dicasi di molte sime altre sostanze composte, che dopo avere subito la fusione ignea divengono capaci di trasmettere la corrente, mentre allo stato solido sono cattivi conduttori dell'elettrico. Questo effetto del calorico non si vuole confondere coll'altro che consiste nel far evaporare quello stratarello di umidità che rende meno isolante la superficie del vetro, della mica e di altre sostanze igrometriche. La diminuzione della facoltà conduttrice in tal caso non e' dovuta all'azione diretta del calorico, ma al disseccamento che dal calorico e' predetto

506. L'elettrico non solo si propaga lentamente attraverso de' cattivi conduttori solidi e liquidi, ma vi si può' propagare anche rapidamente sotto la forma di scarica o di corrente istantanea. Ciò avviene sempre che la tensione dell'elettrico e' vale vole ad aprirsi forzatamente una via rompendo, forando o in altro modo disgregando il corpo che gli oppone la resistenza. Se fra due punte metalliche comunicanti colle due armature di una batteria elettrica si collochi una sottile lastra di vetro, un cilindretto di legno, un liquido isolante, il vetro e' forato dalla scarica, il legno si spezza con violenza, ed il liquido viene dispenso, e an-

che rotto il vaso che lo contiene. Un cartoncino posto fra le due punte medesime, se queste non sieno una in faccia all'altra, per lo più viene forato rimpetto alla punta negativa (304), e gli orli del foro si veggono elevati in due versi contrarî.

Simili effetti meccanici sono prodotti dalla scarica anche nei buoni conduttori allorchè questi oppongono all'elettrico una grande resistenza, come avviene quando la loro sezione trasversale è piccolissima (302). I fili metallici di assai piccolo diametro che hanno servito più volte a trasmettere la scarica elettrica, si trovano accorciati a motivo di un gran numero di flessioni permanenti che hanno subito sotto l'azione della scarica, e che ne rendono scabra ed ondeggiante la superficie. Se un tubo capillare di vetro si empia di acido solforico, di mercurio o di altro liquido buon conduttore, una scarica elettrica non molto forte che si faccia passare attraverso alla colonna liquida basta per romperе il tubo e sperperare il liquido. Una sottilissima foglietta d'oro, un finissimo filo di ferro sono polverizzati dalla scarica elettrica, e se il filo è situato lungo l'asse di un tubo di vetro anche del diametro di oltre un centimetro, questo si rompe in minutissimi frammenti. Per tal maniera si può spezzare anche un tubo di ferro empiendolo di olio, e collocandovi entro una sottile listarella di piombo che dalla scarica è volatizzata. Trattandosi di buoni conduttori, alcuni di questi effetti meccanici si possono in parte attribuire alla

virtù calorifica della scarica (315); ma non è verosimile che un riscaldamento istantaneo possa sen z'altro completamente polverizzare non pure l'oro, ma anche il ferro che non dà segno di volatizzazione alle più elevate temperature. Bisogna dunque dire che la scarica elettrica, indipendentemente dal calorico che sviluppa, produce anche nei buoni conduttori, quando gli oppongono grande resistenza, un disgregamento molecolare ed una specie di espansione subitanea e molto energica. La differenza che presentano in ciò i cattivi e buoni conduttori è che in quelli il disgregamento molecolare ha luogo ogni volta che sono attraversati dalla scarica elettrica; ed in questi solo quando, attesa le loro dimensioni, oppongono all'elettrico una resistenza notabile.

Articolo 5°.

Propagazione dell'elettrico per i fluidi aerei.

1° Dell'aria atmosferica e gli altri gas, allorchè sono ben secchi cioè privi di vapor d'acqua o di altro liquido conduttore dell'elettrico, passano pei buoni isolatori; ciononostante propagano essi

pure l'elettrico non solo lentamente, ma anche rapidamente sotto forma di scarica e di corrente continua.

La lenta propagazione o il disperdimento dell'elettrico attraverso l'aria atmosferica, l'idrogene, l'acido carbonico ed altri gas è sottomesso alle leggi seguenti.

1° Un corpo elettrizzato a contatto dell'aria secca perde nel medesimo tempo la stessa quantità di elettrico qualunque sia la sua tensione; ma se l'aria contiene del vapore di acqua, la perdita è tanto maggiore quanto maggiore è la tensione dell'elettrico. Questa legge è vera solo approssimativamente e per le tensioni ordinarie, cioè né troppo debole né troppo forti.

2° Finchè la tensione dell'elettrico è debole, ambedue le elettricità si disperdono colla medesima prontezza; ma nelle forti tensioni il disperdimento è più rapido per l'elettricità negativa che per la positiva.

3° La perdita dell'elettricità nell'aria secca cresce, crescendo la temperatura, e diminuisce diminuendo la densità dell'aria. Ma conviene osservare che la quantità assoluta di elettrico che può rimanere allo stato di tensione sulla superficie di un conduttore isolato è assai minore nell'aria rarefatta che nell'aria più condensata. La spiegazione di questa anomalia sembra potersi desumere da due opposte specie di azione che esercita l'aria nel disperdimento dell'elettrico. Le molecole

aeree infatti e tolgono per contatto al corpo elettrizzato una porzione del suo elettrico ed impediscono a questo di comunicarsi liberamente ai corpi circostanti. La prima specie di azione deve crescere col crescere della densità dell'aria e la seconda invece diminuire. Ma da ciò non dobbiamo dedurre che il vuoto sia buon conduttore dell'elettrico (310).

4. La perdita di elettricità che prova un corpo per il contatto dell'aria è modificata dallo stato elettrico de' corpi circostanti. Così p. e. un corpo elettrizzato in presenza di un altro similmente elettrizzato perde più elettrico che non perderebbe se questo secondo corpo fossi allo stato naturale od opposamente elettrizzato (250).

5. L'agitazione dell'aria non accresce il dispendimento dell'elettrico; anzi la carica elettrica si conserva più lungamente nell'aria agitata che nell'aria quieta. Questo risultato che sembra avere del singolare ci è spiegato dalla lentezza con la quale le molecule di aria sottraggono l'elettrico ai corpi elettrizzati.

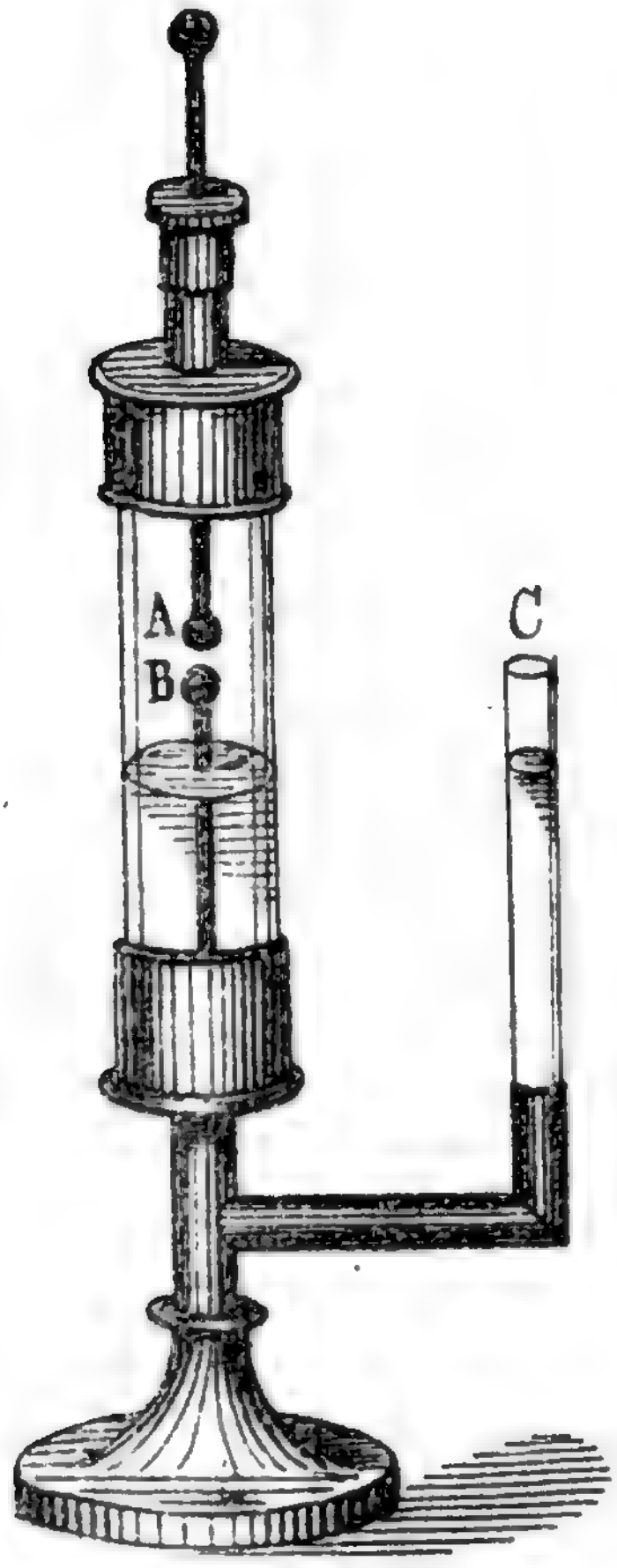
308. La propagazione rapida dell'elettrico nell'aria atmosferica e negli altri fluidi aerei si fa, come si è detto, in due modi; cioè per via di scarica e di corrente continua. La scarica, ossia l'istantaneo ristabilirsi dell'equilibrio elettrico attraverso i fluidi aerei ci si offre sotto la forma di una striscia luminosa chiamata col nome di scintilla elettrica.

„ La lunghezza della scintilla o la distanza

„ esplosiva fra due corpi per una stessa carica elettri-
„ ca varia colla natura e densità del mezzo aereo in-
„ terposto". Fatta passare la scarica elettrica attraver-
so varî gas ben secchi, tutti alla stessa temperatu-
ra e sotto la medesima pressione si è trovata la mas-
sima distanza esplosiva nell'idrogene; quindi vengono
per ordine l'ossigene, il nitrogene, l'aria atmosfe-
rica, l'acido carbonico, &c; donde risulta che l'ordi-
ne delle permeabilità per la scarica elettrica non è
in rapporto esatto coll'ordine delle densità specifiche.
Che se la scarica elettrica si faccia passare attra-
verso un medesimo fluido aereo diversamente rar-
fatto, si osserva che la distanza esplosiva è in-
versamente proporzionale alla densità del fluido;
di maniera che la medesima scarica attraversa
un intervallo di aria di lunghezza doppia, quan-
do la sua densità si riduce alla metà. L'aria for-
temente scaldata in un vaso chiuso non fa variare
la distanza esplosiva; ma se il vaso è aperto cre-
sce notabilmente questa distanza. Ciò mostra che
non la pressione a cui è sottomesso, ma il nume-
ro delle sue molecule determina la difficoltà più
o meno grande che prova la scarica ad attraver-
sarlo.

La distanza esplosiva nei fluidi aerei dipende
anche dalla specie di elettricità. Nell'aria atmosfe-
rica un conduttore carico di elettricità negativa,
essendo pari le altre circostanze, si scarica a mi-
nore tensione di quando è carico di elettricità po-
sitiva. Parimenti fra due conduttori opposta-

te elettrizzati scocca una scintilla più lunga se la scarica è promossa dal conduttore negativo che per converso. Lo stesso accade nell'ossigene nell'acido carbonico e nel bicarburo d'idrogene. In altri gas come nell'idrogene e nel nitrogene avviene il contrario; vale a dire coll'elettricità positiva si ottiene la scarica più facilmente che colla negativa.



La scarica elettrica nei fluidi aerei come negli altri conduttori imperfetti tende a rimuovere le une dalle altre le molecule, donde ne risulta una subitanea espansione della massa aerea. Il termometro di Kinnersly rende sensibile un tale effetto. Consiste quest'apparato in un tubo di vetro chiuso alle due sue estremità e comunicante lateralmente con un sottile cannello C pure di vetro. Introdotta un poco d'acqua nel tubo, se facciasi passare una scarica elettrica fra le due palle A e B, l'acqua repentinamente s'innalza anche fino alla superiore

estremità del cannello C e immediatamente torna ad abbassarsi, non però fino al livello primitivo, al quale non arriva che a poco a poco e dopo qualche tempo. Il primo ed istantaneo innalzamento del liquido mostra l'espansione prodotta dalla scarica; il residuo di questo innalzamento si può attribuire alla virtù calorifica della scintilla. Dalla subitanea espansione del mezzo aereo e dal conseguente suo restringimento nasce lo strepito che accompagna la scintilla, il fiocco e la stelletta elettrica.

E' molto verisimile che la suddetta espansione sia in parte dovuta al rapidissimo movimento delle particelle che vengono distaccate dai corpi fra i quali si produce la scarica elettrica. Molte esperienze mettono fuori di dubbio che la scarica di una boccia di Leida o anche una semplice scintilla di una macchina elettrica trasporta seco delle particelle metalliche. Infatti se i due conduttori fra i quali ha luogo la scarica siemo uno di rame e l'altro di zinco, dopo qualche tempo che hanno servito a quest'uso si trovano delle particelle di rame aderenti al zinco, e delle particelle di zinco aderenti al rame. Ma ciò che v'ha di più sorprendente in tale fenomeno è che le particelle trasportate dalla scarica possono attraversare de' corpi solidi senza essere da essi arrestate. Se fra due palle una d'oro e l'altra d'argento comunicanti ciascuna con una delle due armature di una batteria elettrica, si collochi una laminetta

d'argento di maniera che tocchi la sola palla d'e re, dopo fatte passare alcune scariche fra le due palle, si vedrà sulla superficie della lamina che é volta alla palla d'argento una bella macchia d'oro, alla cui formazione si richiede che l'oro sia pas sato attraverso la spessezza della lamina d'argento senza mescolarsi con esso.

309. Nella propagazione continua dell'elettricità attraverso i mezzi aerei si osservano sotto so pra le stesse leggi che nella scarica. Se in vicinan za del conduttore di una macchina elettrica in movimento si adatti una punta metallica comunicante col suolo, si ottiene una corrente continua, la quale sebbene non agisca sui galvanometri ordinarî, pure fa deviare l'ago di un moltiplicatore il cui filo sia ottimamente isolato. L'energia di questa corrente cresce a misura che diminuisce la densità dell'aria interposta. I corpi in combustione e specialmente la fiamma determinano anche meglio delle punte la propagazione continua dell'elettrico. Quindi è che per togliere prontamente ad un corpo tutta la sua carica elettrica basta accostargli la fiamma di una lucerna ad alcool o di altro corpo in combustione. Per la stessa ragione cresce notabilmente la sensibilità di un elettroscopio destinato a manifestare una elettricità lontana, se si colloca sul suo cappello un corpo in combustione.

Le correnti continue, che sono generate da elettromotori di debole tensione, alla temperatura ordi-

maria non si propagano per le masse aeree; ma vi si possono propagare a temperatura molto elevata. L'esperienza si fa chiudendo successivamente i diversi fluidi aerei in un tubo di porcellana che si colloca sopra un fornello. In questa maniera si è trovato che tutti i fluidi aerei al calor rosso trasmettono la corrente voltaica, ma non tutti egualmente. L'idrogene e l'ossigene la trasmettono meglio dell'aria atmosferica, peggio la trasmettono l'acido carbonico e il vapore di acqua. Parimenti si è trovato che la conducibilità dell'aria atmosferica a quella temperatura è trentamila volte inferiore alla conducibilità dell'acqua contenente in soluzione qualche millesimo di solfato di rame.

A partire dal calor rosso la conducibilità dei fluidi aerei cresce se cresce la temperatura, e cresce ancora se diminuisce la densità della massa aerea. Si vede dunque che il calorico e la rarefazione agiscono del pari per diminuire la resistenza che i fluidi aerei oppongono al passaggio della corrente. Ma l'azione del calorico è assai più efficace; imperocchè alle temperature ordinarie una debole corrente non passa per l'aria sebbene ridotta al massimo di rarefazione, mentre al calor rosso vi passa anche l'aria non sia rarefatta.

Anche la propagazione sotto forma di corrente continua è talora accompagnata da trasporto di materia ponderabile. Se i due roofori di una forte pila si facciano terminare in due pezzi di car-

bone, si veggono delle particelle incandescenti essere in copia trasportate dal rooforo positivo al negativo, e anche da questo a quello sebbene in minore quantità. La presenza di tali particelle incandescenti fra l'uno e l'altro rooforo è la cagione precipua del continuare che fa la corrente anche quando i due carboni si allontanano uno dall'altro fino a più centimetri di distanza. Un simile distacco e trasporto della materia de' rooforì si osserva pure fra due punte di platino, d'argento o di altri metalli; ma in questo caso la minima distanza a cui si possono portare i due rooforì senza interrompere la corrente è minore che col carbone.

310. Sarebbe questo il luogo di trattare la questione se l'elettrico si possa propagare per uno spazio affatto privo di ogni materia ponderabile. Ma questa questione non si può decidere colle sperienze, non solo per la difficoltà di ottenere il vuoto perfetto, ma anche perchè i recipienti limitanti lo spazio vuoto possono sempre in qualche modo dare passaggio all'elettrico. Ciò che sappiamo dalla sperienza è che nel vuoto torricelliano il più perfetto ad una temperatura in cui il mercurio non emette vapori sensibili, correnti o continue od istantanee non si propagano, tranne il caso che l'intensità dell'elettrico non sia stragrande o tale da strascinare delle particelle, le quali stabiliscano una comunicazione in materia ponderabile fra i due rooforì. Sap-

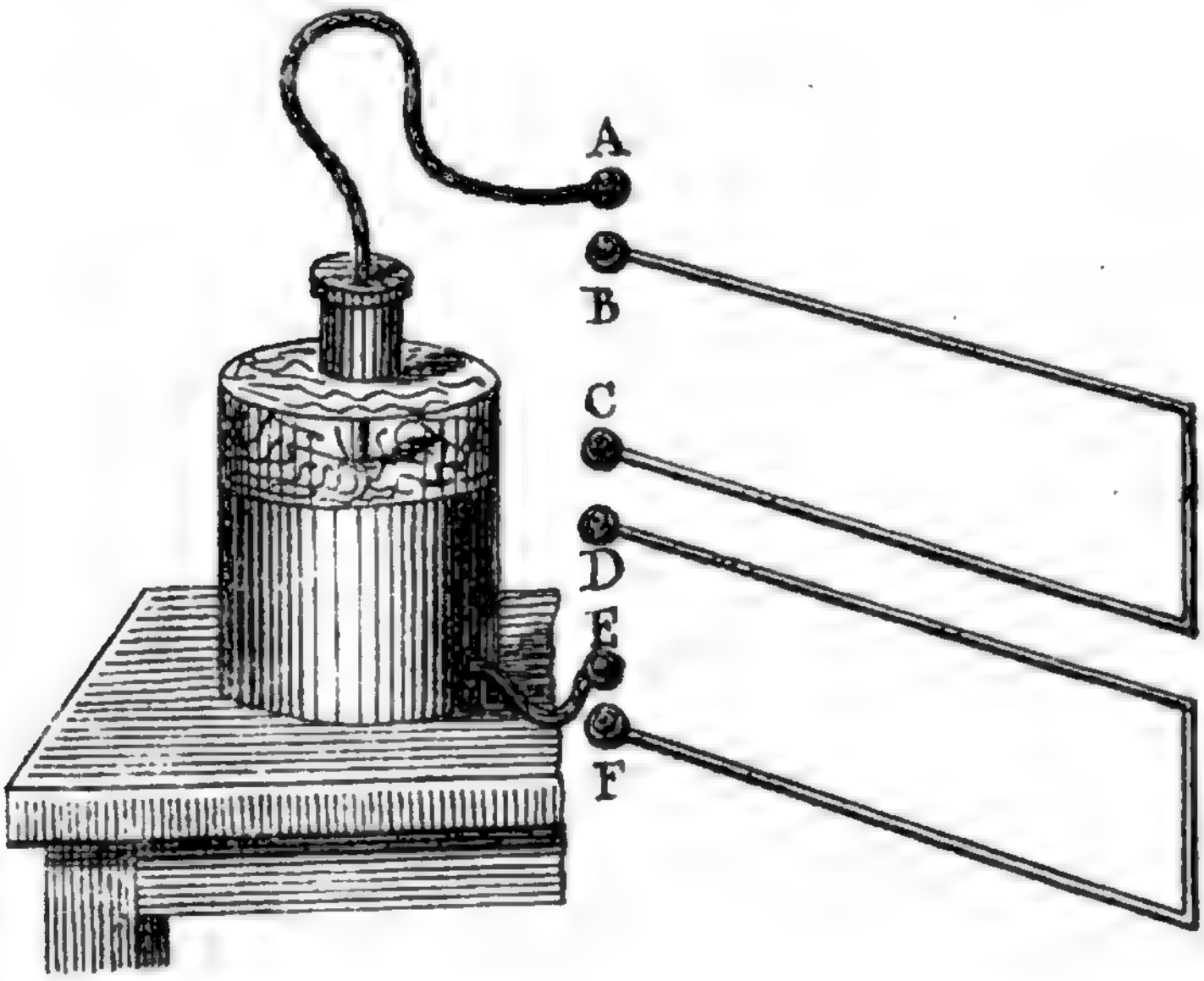
piamo inoltre che le foglielle d'oro di un elettroscopio collocato sotto la campana di una macchina pneumatica, unitamente ad un buon disseccante, si mantengono per più giorni divergenti, e per conseguenza mantengono l'elettricità anche allorchè la densità dell'aria è stata ridotta a $\frac{69}{70}$ della densità primitiva. Con ciò cadono tre opinioni che in altri tempi hanno avuto della verisimiglianza; cioè che il vacuo sia perfetto conduttore dell'elettrico, che le ripulsioni elettriche siano dovute all'aria circostante, e che l'elettrico venga ritenuto alla superficie de' corpi dalla pressione atmosferica. Pare dunque si possa conchiudere che un corpo anche conduttore, indipendentemente dalla pressione atmosferica ritiene alla sua superficie l'elettrico finchè non gli è tolto o mediante il contatto di molecule più o meno conduttrici, o mediante l'azione immediata di un corpo opposta mente elettrizzato.

Articolo 4.

Velocità di propagazione delle correnti elettriche

311. La corrente elettrica o sia istantan-

o continua si propaga con una celerità mirabile. Wheatstone facendo comunicare colle due armature



di una boccia di Leida le due estremità di un lunghissimo filo di rame BCDF interrotto nel mezzo per dar luogo a tre scintille, una fra A e B, la seconda fra C e D e la terza fra E ed F, osservò che le tre immagini delle scintille, riflesse da uno specchio che velocissimamente girava attorno di un asse verticale apparivano così ⁞ se lo specchio girava da sinistra a destra, ed apparivano così ⁞ se lo specchio girava da destra a sinistra; donde inferì che l'elettrico si propagava del pari veloce dalle due estremità del filo e per conseguenza dalle due armature della boccia al mezzo del conduttore. Pa-

ragonando quindi il ritardo della scintilla intermedia colla velocità di rotazione dello specchio, conchiuse che la velocità dell'elettrico era di 160,800 kilometri al secondo, cioè eguale a circa una volta e mezza la velocità della luce che dal Sole viene alla superficie della nostra Terra (366).

Posteriori sperienze fatte sulle correnti continue mediante i fili telegrafici hanno dato per la velocità di progazione dell'elettrico de' numeri 15, 30 e fino a 100 e più volte minori del precedente. Siffatte differenze non si possono unicamente attribuire alla diversa natura e costituzione molecolare dei conduttori, mentre si osservano anche nei fili dello stesso metallo e che hanno subito le stesse operazioni.

La circostanza che sembra più influire sulla velocità di propagazione delle correnti elettriche è la induzione elettrostatica, che talora si desta nei conduttori percorsi dalle correnti medesime. Se per esempio la corrente di una pila si trasmetta attraverso l'armatura di un coibente la cui seconda armatura comunica col suolo, è manifesto che la corrente non sarà trasmessa finchè tutta l'armatura che la conduce non sia giunta alla tensione statica che ha la pila; e ciò perchè l'elettricità indotta nell'altra armatura, trattiene un'egual porzione dell'elettricità che riceve dalla pila l'armatura che fa da conduttore. Una prova manifestissima del ritardo che produce nelle correnti l'induzione elettrostatica, o come suol dirsi in questo caso l'induzione Intera-

le l'abbiamo dai fili metallici coperti di gutta-percha che servono alle comunicazioni telegrafiche sottomarine e sotterranee. Allorché uno di questi fili della lunghezza p. e. di 2500 metri è immerso nell'acqua o sepolto nel terreno umido in maniera da formare una vera botte di Leida, la cui armatura esterna è l'acqua o il terreno umido circostante, la corrente di una pila impiega circa due secondi di tempo a percorrerlo; mentre un filo della medesima lunghezza ma isolato nell'aria può essere percorso dalla corrente in un istante. Diciamo può essere, perchè anche nei fili isolati nell'aria la vicinanza del suolo o di altri conduttori deve talvolta determinare un'induzione laterale, al certo assai minore che nel caso del corbente armato, ma pure bastevole a ritardare la corrente e per conseguenza a spiegare almeno in parte le gran di differenze che si sono osservate nelle velocità di propagazione delle correnti elettriche. Del resto da tutte queste sperienze si sono ottenuti i risultati seguenti.

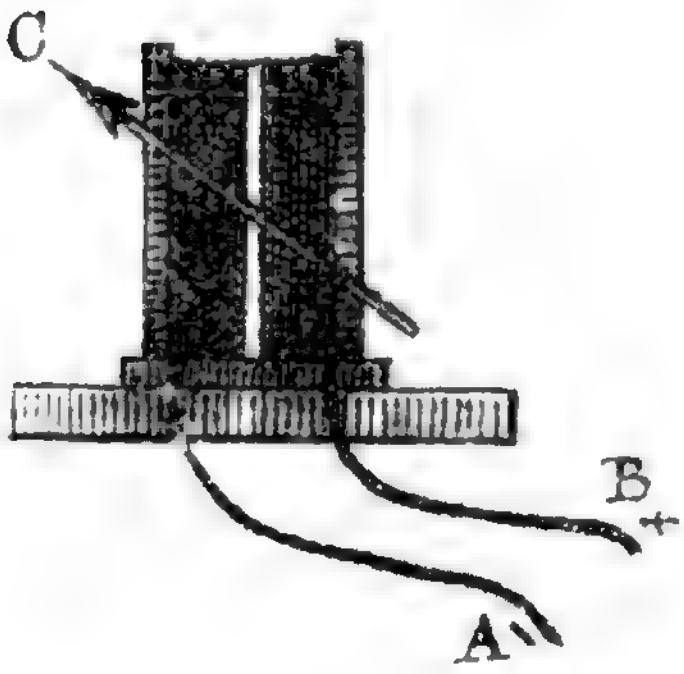
La velocità di propagazione delle correnti elettriche è la stessa qualunque sia il numero degli elementi delle pile che gli danno origine.

La velocità di propagazione delle correnti elettriche è indipendente dalla sezione trasversale dei conduttori che le trasmettono.

Il rapporto fra la velocità di propagazione della corrente in due conduttori uno di rame e l'altro di ferro è prossimamente di 9:5.

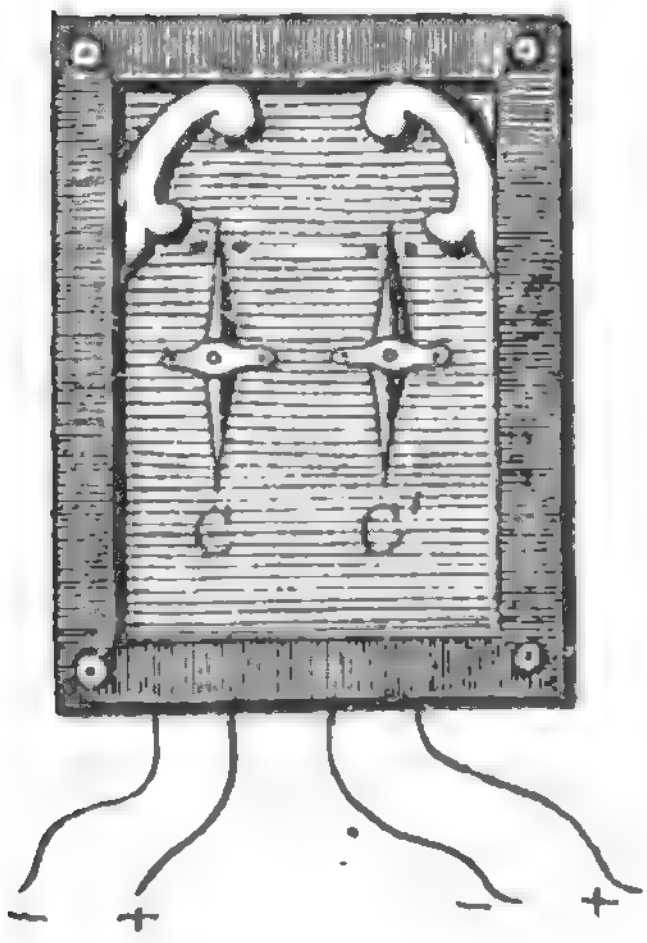
512. *La proprietà che possiedono le correnti elettriche di propagarsi in tempo brevissimo a distanza grandissima, le ha rese oltremodo utili alle comunicazioni telegrafiche. I telegrafi elettrici, di cui la pratica ha sanzionato il merito, si possono ridurre a tre specie; vale a dire ai telegrafi a deviazione di ago, a quadrante e ad impressione.*

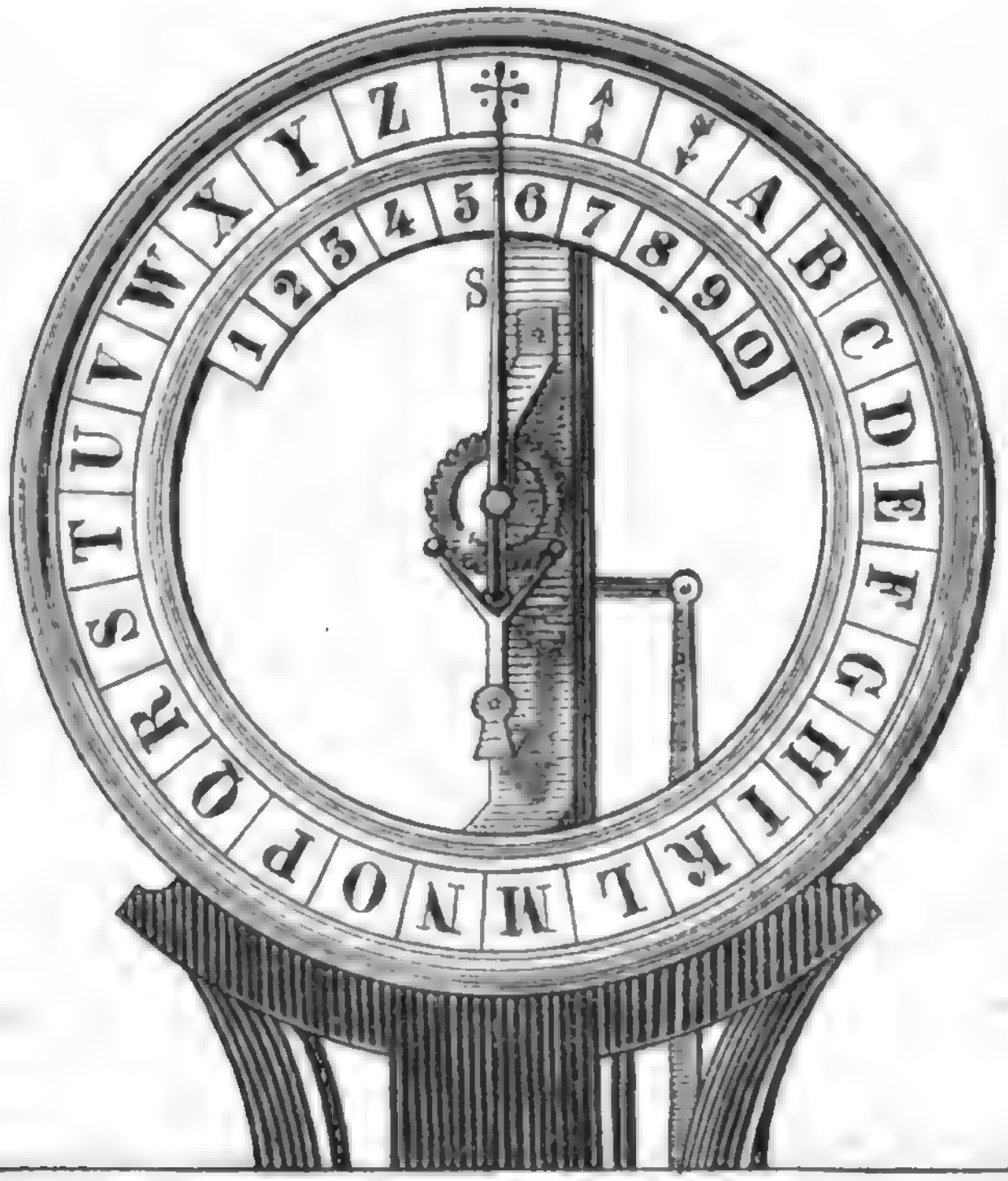
I telegrafi a deviazione di ago consistono in un moltiplicatore, il cui ago esterno C *è mobile in un piano verticale. Posto infatti che i due capi* A *e* B *del filo prolungati a distanza qualunque vadano finalmente a congiungersi coi due poli di una pila, è chiaro che se la parte superiore dell'ago devia verso la sinistra quando* B *comunica col polo positivo, deverà verso la destra al loro* B *comunica col negativo. Se dunque siasi convenuto che per esempio le prime quattro lettere dell'alfabeto siano indicate da una, due, tre e quattro deviazioni a sinistra; le tre seguenti da una deviazione a destra seguita da una, due e tre deviazioni a sinistra; e così di seguito per le altre lettere, numeri e segni convenzionali, si potrà facilmente trasmettere un dispaccio da un luogo all'altro, e riceverne la risposta mediante un simile moltiplicatore collocato nel luogo donde è partito il dispaccio.*

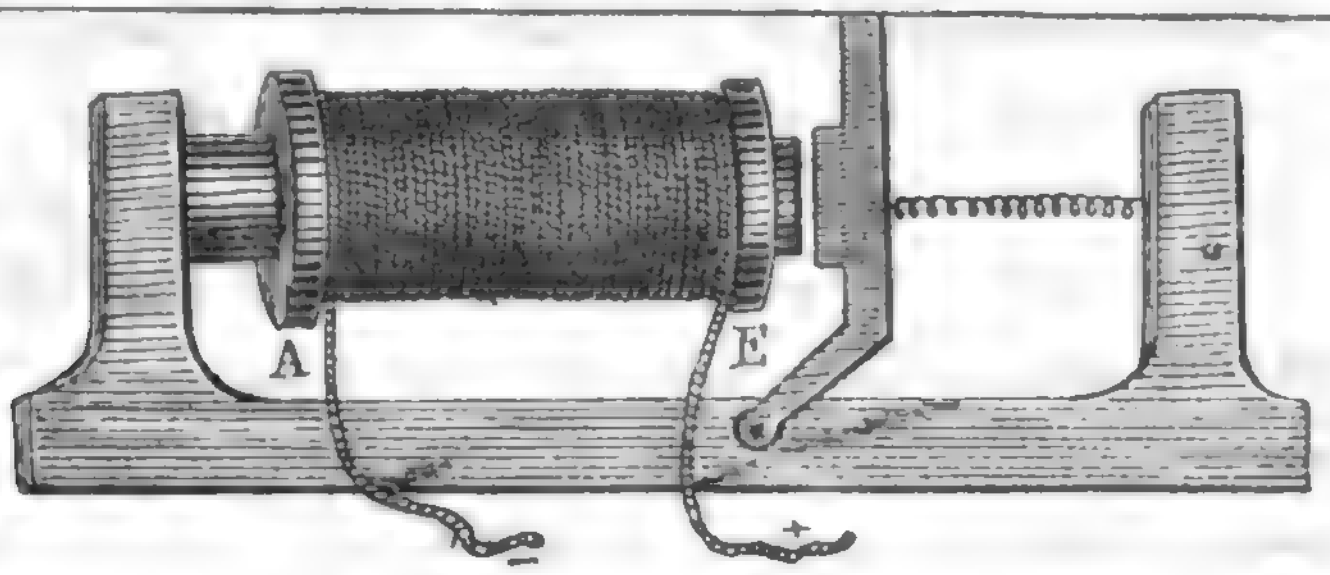


Questa disposizione di telegrafo sembra suppor re che i due luoghi o le due stazioni fra le quali si vuole stabilire la comunicazione telegrafica sieno congiunte per mezzo di due fili metallici isolati. Ma l'esperienza ha dimostrato che se l'estremità A del filo comunica col suolo, e l'estremità B col polo di una pila, per chiudere il circuito elettrico e far deviare l'ago basta solamente che l'altro polo della pila si metta in comunicazione colla Terra, che fa le veci del secondo filo metallico isolato. Una tale sco perta è stata di gran vantaggio alla telegrafia, per la facilità che ne risulta nell'impianto delle grandi linee telegrafiche.

Nei telegrafi a deviazione di ago in cambio di un solo moltiplicatore talora se ne usano due con due aghi C, C' disposti l'uno vicino all'altro. Con ciò si accresce la rapidità delle comunicazioni; poi- chè ciascun ago potendo si far deviare o solo o in sieme coll'altro, si richie de un minor numero di movimenti per indicare le diverse lettere dell'alfabe- to. Coi telegrafi a due aghi si giunge a trasmettere da 18 a 20 parole per ogni minuto primo. Ma questi telegrafi hanno poi l'inconveniente di esigere due fili isolati uno per





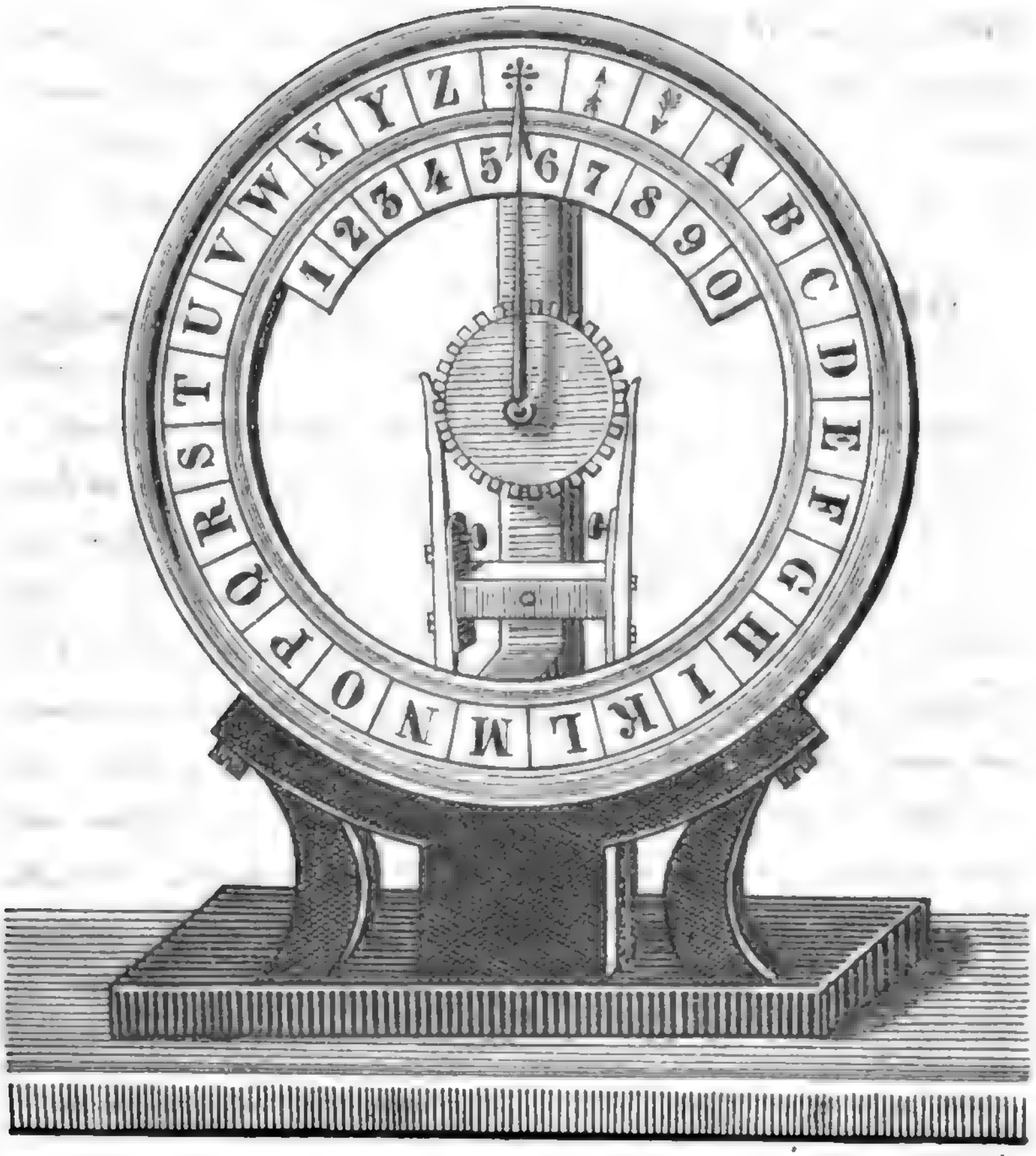


ciascun moltiplicatore, e ne esigerebbero altrettre, se la Terra non chiudesse ambedue i circuiti.

313. *Nei telegrafi a quadrante le comunicazioni si ricevono mediante un quadrante che porta scritte*

sul suo contorno le lettere dell'alfabeto, le cifre numeriche ed alcuni segni convenzionali. Un indice S, fissato nel centro di una ruota munita di tanti denti quante sono le divisioni nel quadrante, può successivamente percorrerle tutte, e fermandosi per un istante sull'una o sull'altra indicare così o l'una o l'altra lettera dell'alfabeto o altro segno. Il movimento della ruota è prodotto da un elettro-magnete E, che al chiudersi del circuito elettrico attira un'armatura di ferro dolce A, e la rilascia tosto che si apre il circuito. Ad ogni chiudersi del circuito passa un dente della ruota che porta l'indice e questo è condotto sulla divisione seguente.

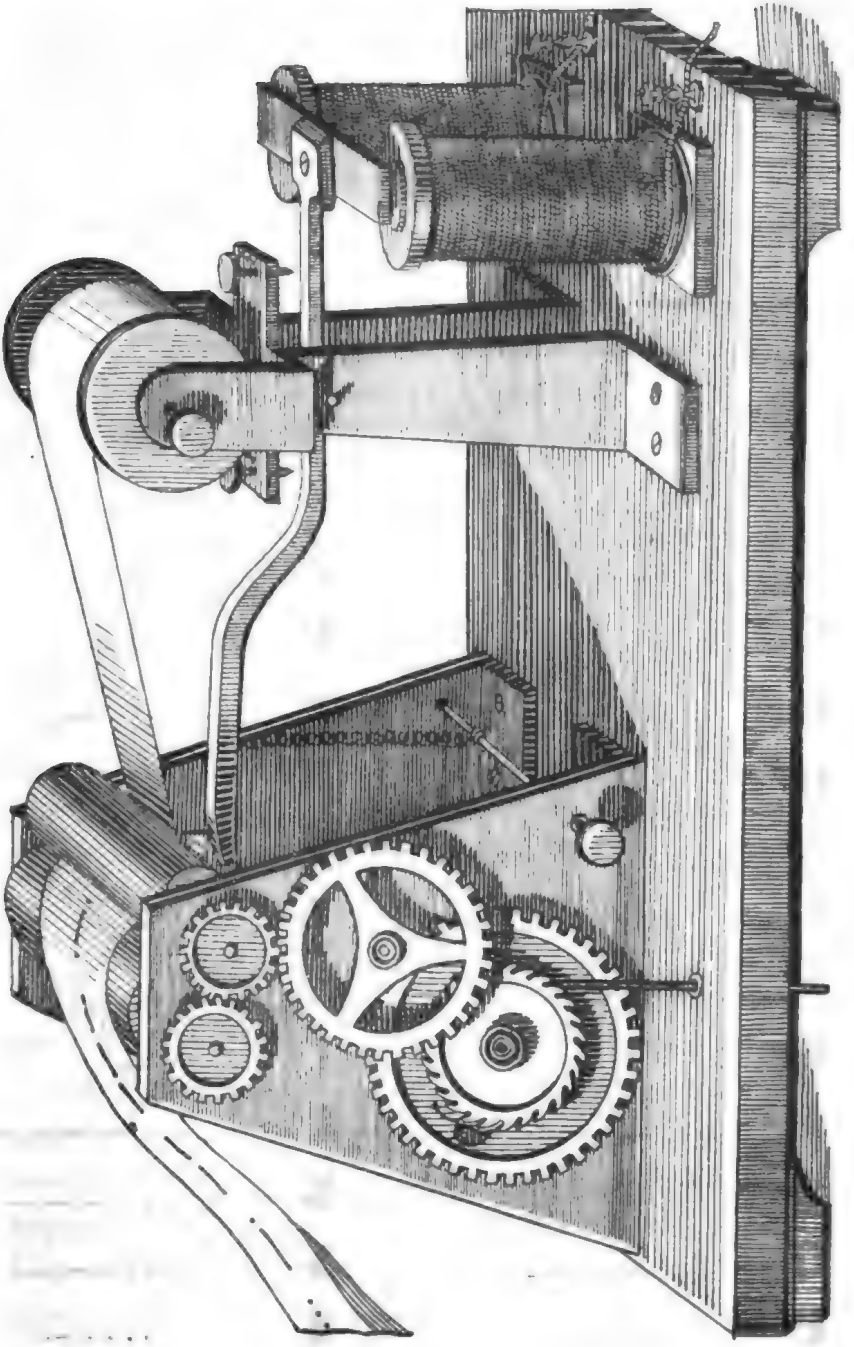
Per trasmettere le comunicazioni si fa uso di un altro simile quadrante il cui indice, mosso a mano, trascina con se una ruota dentata che apre e chiude il circuito tante volte quante sono le divisioni che si fanno percorrere all'indice. Supposto a cagion di esempio che gl'indici dei quadranti delle due stazioni sieno ambedue sul segno +, (su questo segno si riportano gl'indici al termine di ogni comunicazione, per verificare la concordanza delle indicazioni) se l'indice mosso a mano percorre due divisioni, altrettante volte si chiuderà ed aprirà il circuito elettrico, eppero ambedue gl'indici si fermeranno sul segno ‡. Questo segno denota che le indicazioni seguenti si devono leggere sulla circonferenza interiore dove sono notate le cifre, e non sulla esteriore ove sono scritte le lettere dell'alfabeto. Che se l'indice mosso a mano percorra tre, quat-



tro, cinque divisioni, anche l'altro indice passerà per tre, quattro, cinque divisioni; onde ambedue gl'indici si fermeranno sempre sullo stesso segno. Per trasmettere una parola si porta l'indice a mano sul segno ↑, e quindi si arresta per un istante su ciascuna delle lettere che la compongono. Il vantaggio di questi telegrafi è che ciascun segno

è mostrato immediatamente all'osservatore; del resto oltre al tempo relativamente più lungo che esigono per trasmettere un dispaccio, attesa la complicazione del loro meccanismo sono molto soggetti a sconcertarsi ed a perdere la concordanza nelle indicazioni.

314. Si chiamano ad impressione quei telegrafi che lasciano una traccia permanente del dispaccio trasmesso. Fra questi il più interessante è quel di Morse, che per la sua estrema semplicità è divenuto di uso quasi universale. Alla stazione dove si deve ricevere la commicazione telegrafica è collocato un elettro-magnete E, la cui armatura D è fissata ad una leva che termina in una punta di metallo O. A piccolissima distanza sopra la punta si svolge con moto uniforme una lista di carta che riceve il movimento da un roteggio simile a quello degli orologi. Quando si chiude il circuito l'armatura dell'elettromagnete è attratta, ciò fa che la punta O urti la carta e v'imprima una linea più o meno lunga, secondochè il circuito rimane chiuso per un tempo più o meno lungo. Se il circuito si apra e chiuda rapidamente, si produrranno sulla carta dei semplici punti, il numero dei quali sarà uguale al numero delle volte che si è chiuso ed aperto il circuito. Si vede adunque che per mezzo di questo semplicissimo meccanismo si possono imprimere sopra una carta che si svolge uniformemente delle linee e dei punti che combinati assieme potranno rappre—



sentare le differenti lettere dell'alfabeto, le cifre numeriche ed altri segni convenzionali. La tavola di queste mostra una delle molte combinazioni adoperate nei telegrafi ad impressione.

Lettere	Segni	Lettere	Segni
A	. —	Q	— — . —
B	— ...	R	. — .
C	— . — .	S	...
D	— ..	T	—
E	.	U	.. —
F	.. — .	V	... —
G	— — .	X	— .. —
H	....	Y	— . — —
I	..	Z	— — ..
K	— . —	Cifre e Punteg.ni	Segni
L	. — ..	=	=,
M	— —	1	. — — — —
N	— .	2	.. — — —
O	— — —	3	... — —
P	. — — .	4	.... —

Cifre	Segni	Punteg.ne	Segni
=	=	.	.....
5	.....	;	-.-.-.
6	-....	?	.-.-.-
7	--...	:	---...
8	---..	?	..--..
9	----.	!	--.--
0	-----	Fine	-----

Articolo 5.

Effetti calorifici e luminosi delle correnti elettriche

315. *L'elettricità che allo stato di equilibrio non altera sensibilmente la temperatura dei corpi che la contengono, allo stato di movimento, o, come diciamo, di corrente, sia istantanea sia continua, è accompagnata da sviluppo di calorico spesso anche luminoso. Per procedere con chiarezza tratteremo prima dei fenomeni calorifici e luminosi che per il passaggio delle correnti si ma-*

nifestano nei conduttori continui e quindi di quelli che hanno luogo nei conduttori interrotti.

Allorchè un filo metallico di assai piccolo diametro è attraversato da una serie di scariche elettriche sempre crescenti nell'intensità, da prima il filo si riscalda, quindi comincia a vibrare, soffre delle flessioni permanenti, diviene incandescente, si spezza in frammenti, si fonde e per ultimo si volatizza. Non è facile il determinare quanta parte di questi effetti si debba attribuire all'azione meccanica della corrente, e quanta alla sua virtù calorifica. Forse tutti questi effetti sono il risultato di un'azione unica, cioè del movimento molecolare che eccita la scarica nei conduttori. Secondo questo modo di vedere il calorico e la luce sarebbero prodotti dalla scarica solo indirettamente, vale a dire in quanto è causa di moto nella materia ponderabile. Ma senza troppo affrettarci a stabilire la teoria, il fatto è che « le scariche elettri-
» che bastevolmente forti scaldano, arroventano e fon-
» dono i conduttori continui che oppongono loro no-
» tabile resistenza ».

Si è aggiunta la condizione della notabile resistenza, poichè il calorico e la luce non mai si manifestano quando la corrente nel suo tragitto non incontra una grande resistenza; ed è appunto in quelle parti del circuito ove la resistenza è maggiore che il calorico e la luce sono più intensi; epperò i fili metallici più fini e meno conduttori per una medesima corrente si scaldano più dei grossi e meglio conducenti (302).

316. *Le correnti voltaiche non sono meno efficaci delle scariche a produrre nei conduttori continui de' fenomeni calorifici e luminosi. Subito dopo la scoperta della pila si notò che il passaggio della corrente voltaica attraverso un filo metallico potea scaldarlo, renderlo incandescente e anche fonderlo. Infatti se chiudasi un circuito voltaico mediante un sottil filo metallico, questo specialmente se è di platino si riscalda e talora si arroventa a segno di emanare una luce vivissima, perseverando in tale stato finchè non scema la forza della corrente o non s'interrompe il circuito per lo spezzarvi e fondersi del filo. Accade lo stesso anche quando il filo metallico è nel vuoto o in un gas che non mantiene la combustione.*

Le pile che meglio convengono alla produzione dei fenomeni calorifici e luminosi sono quelle in cui le coppie metalliche hanno una grande superficie, eppero' che producono una maggiore quantità di elettrico per una minore resistenza interna. Con pochi di tali elementi si ottiene non solo l'arroventamento e la fusione, ma nell'aria anche la combustione dei sottili fili di acciaio e delle laminette di stagno, di zinco, di rame, d'argento e d'oro. Ciascuno di questi metalli bruciando si converte in ossido, e l'oro in particolare si trasforma in ossido nero; non pero' il platino che quantunque ridotto in lamine sottilissime si fonde lanciando vivaci scintille, ma non passa allo stato di ossido. Qualunque poi sia la natura dei

conduttori solidi che hanno servito per qualche tempo alla produzione dei fenomeni calorifici, tali conduttori si trovano sempre più fragili, meno tenaci ed alterati di maniera che mostrano avere subita una non leggera modificazione nella loro struttura molecolare; modificazione che non potendo aver luogo senza movimento, ci conferma nell'opinione indicata di sopra che il calorico e per conseguenza la luce che desta il passaggio dell'elettrico non sia un effetto diretto della corrente ma sibbene dell'aumento di moto molecolare prodotto dalla corrente medesima. Tanto più che il passaggio dell'elettricità per un conduttore continuo può dar luogo, come vedremo (341), ad un abbassamento di temperatura.

Nell'arroventamento de' fili metallici per la corrente continua si osserva un fenomeno assai curioso. Se una parte del filo rovente si circondi con del ghiaccio od in qualunque modo si raffreddi, l'altra parte del filo diviene più incandescente e può anche fondersi e bruciare. Al contrario se ad una parte del filo rovente si accosti una energica sorgente di calorico, nell'altra porzione del filo scema l'incandescenza fino anche a divenire oscuro. Per ispiegare questi fenomeni basta solo ricordarsi che la conducibilità dei metalli per la corrente diminuisce a misura che cresce la temperatura. Il raffreddamento di una porzione del filo incandescente diminuendo la resistenza fa crescere l'intensità totale della corrente, e per conseguenza ne aumenta

la virtù calorifica; laddove un maggiore riscaldamento col diminuire l'intensità totale della corrente fa anche diminuire il calorico che da essa è prodotto.

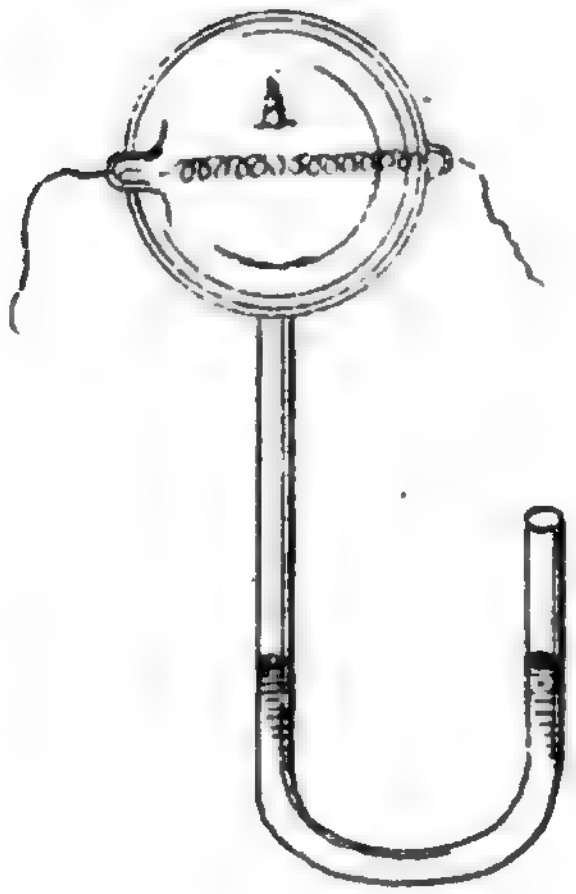
317. Le leggi più generali che si osservano nel riscaldamento dei fili metallici per il passaggio delle correnti sono queste tre:

1° „ Il riscaldamento di un filo metallico è „ in ragione inversa della sua conducibilità per „ l'elettrico, e nella diretta duplicata dell'intensi- „ tà della corrente „ .

2° „ Qualunque sia la lunghezza del filo con- „ duttore, l'innalzamento di temperatura in cia- „ scuno de' suoi punti è lo stesso sempre che tra- „ metta la stessa quantità di elettrico „ . Se dun- que cresca la lunghezza del conduttore converrà che si faccia crescere proporzionalmente l'intensità della corrente, affinchè passi sempre la stessa quantità di elettrico.

3° „ Nei fili della medesima natura l'in- „ nalzamento di temperatura è inversamente „ proporzionale alle quarte potenze dei loro „ raggi „ .

Per dimostrare queste leggi quanto alle correnti istantanee, il filo che si vuol sottoporre all'esperienza si chiude entro la palla A di un termometro ad aria (V. fig. seg.) che in questo caso si appella termometro elettrico. L'innalzamento di temperatura che subisce il filo nell'atto che viene attraversato dalla scarica si deduce dall'in



nalzarsi che fa il liquido nel braccio aperto. Per le correnti continue il filo che deve ricevere l'azione calorifica si fa pescare in un vasello pieno di alcool. Un termometro immerso nell'alcool fa conoscere la quantità di calorico che si desta nel filo in un tempo determinato. In queste esperienze si preferisce l'alcool all'acqua, perchè quello essendo un conduttore anche più imperfetto di questa, si è più sicuri che la corrente sarà tutta trasmessa attraverso il filo metallico, senza che ne passi alcuna parte pel liquido.

318. Ma i metalli e gli altri conduttori solidi non sono i soli corpi che si scaldano per il passaggio della corrente. Anche i liquidi quando sono attraversati dalla corrente si scaldano sensibilmente. L'acqua spesso si scalda fino all'ebollizione. In una soluzione di nitrato d'ammoniaca il calore che si sviluppa è tale che in pochi minuti il liquido evapora interamente. Dei conduttori nel circuito voltaico uno appresso all'altro più vasi eguali contenenti la stessa quantità di acqua o pura o comunque acidulata o salata, si trova che l'acqua pura nel medesimo tempo si scalda molto più delle soluzioni acide

o saline; tolto dal circuito il vaso che contiene l'acqua pura, il liquido che si scalda più è quello che dopo l'acqua è meno conduttore. Non solo dunque nei solidi, ma anche nei liquidi lo sviluppo del calorico proviene dalla resistenza che incontra la corrente; poichè ove è maggiore la resistenza, ivi pure è più grande l'innalzamento di temperatura.

319. Allorchè il conduttore attraversato dalla corrente elettrica è interrotto, il calorico e molto più la luce si presentano sotto un' altra forma che distinguesi col nome di scintilla elettrica se la corrente è istantanea, e di arco voltaico se continua.

La scintilla elettrica è dunque quella striscia luminosa che accompagna la scarica quando il conduttore che trasmette la corrente è interrotto da un isolante o cattivo conduttore dell' elettrico. Questo isolante può essere o solido o liquido od aereo, ma è principalmente nei liquidi e negli aeri, e soprattutto in questi che si manifesta la scintilla elettrica.

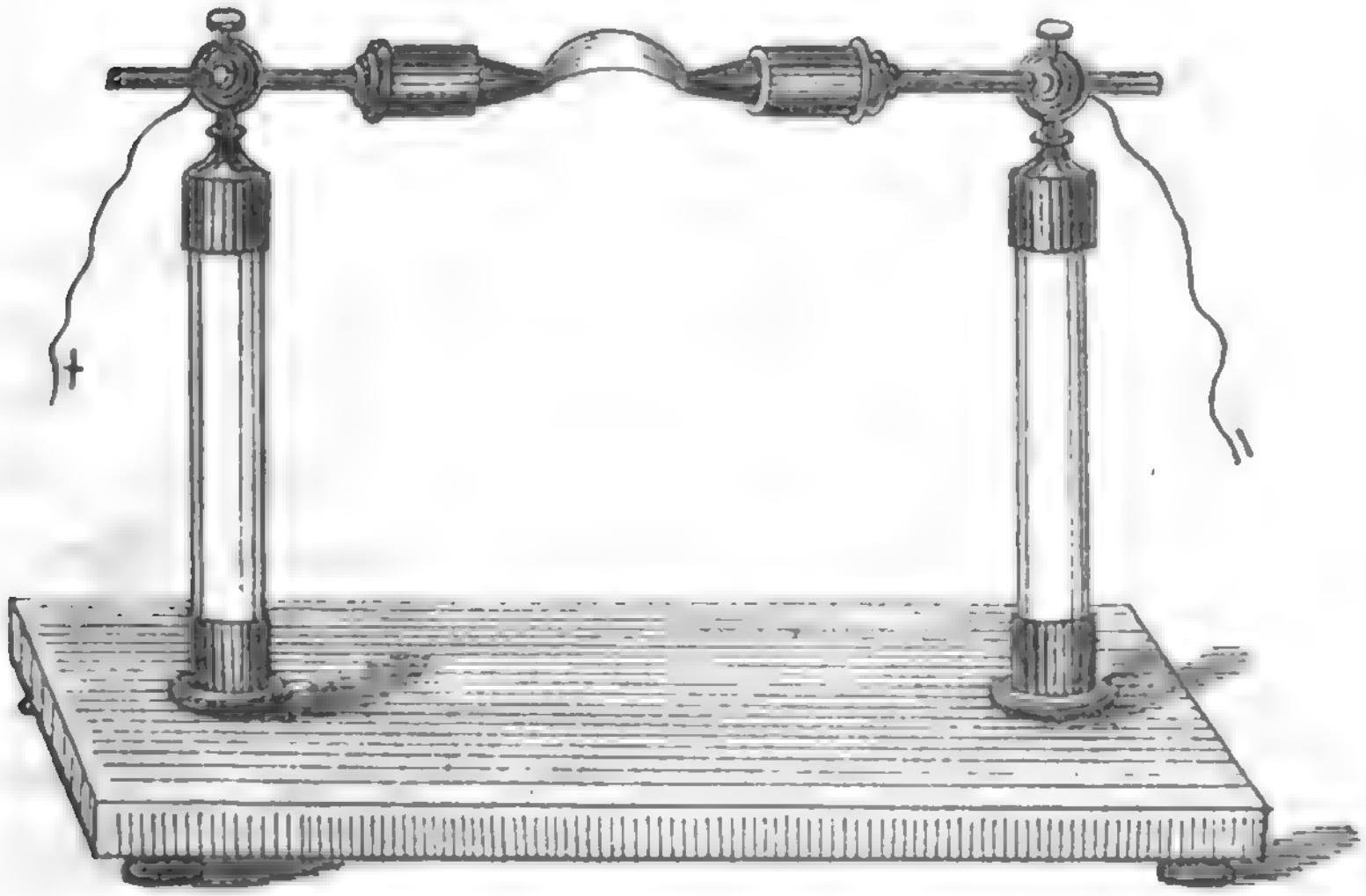
Le svariatissime apparenze che ci offre la scintilla elettrica dipendono in parte dal mezzo isolante in cui si produce, ed in parte dai conduttori fra i quali si opera. Nell' aria atmosferica è bianca fra conduttori di platino, azzurrognola fra conduttori di zinco; dal rame esce verde, rossa dal ferro ruggineso, dal legno ed in generale dai conduttori imperfetti. Il colore della—

scintilla varia cziando nell' attraversare diversi mezzi gassosi. E' bianca e vivace nell' acido carbonico, debole e rossa nell'idrogene, verde nei vapori di alcool, e giallo-ranciata nel vapore di acqua. Queste diverse tinte di cui si veste la scintilla mostrano che la luce da essa emanata è dovuta all'agitazione delle molecule ponderabili che la corrente o seco trasporta o attraversa ed, ora bruciandole ora no, rende incandescenti.

Se la scarica è forte la scintilla è lunga, e sinuosa come formata da linee spezzate e leggermente ricurve. Tale forma è dovuta evidentemente alla resistenza del mezzo il quale condensandosi imanzi alla corrente obbliga questa per l'aumentata resistenza a piegare di fianco, nella quale nuova posizione condensandosi parimenti il mezzo che incontra e' di nuovo costretta a prendere un' altra direzione. Quando la scarica è debole le scintille sono piccole; ma se rapidamente si succedano le une alle altre, come accade allorchè il conduttore di una macchina elettrica termina in punta un poco smussata, presentano all'occhio l'apparenza di una luce continua che diciamo stelletta o fiocco elettrico (242). Che se la punta invece di essere smussata sia acuta, di maniera che le scintille si debbano succedere con molto maggiore rapidità, il fiocco o stelletta elettrica si trasmutano in una luce diffusa o bagliore elettrico che è un' altra forma sotto cui si presenta la scarica luminosa attraverso i conduttore

ri interrotti.

320. *L'arco voltaico ovè quel nastro luminosissimo, che apparisce nell'interruzione di due conduttori comunicanti coi due poli di una pila ad alta tensione, non differisce dalla scintilla elettrica che*



nella durata. L'uno e l'altra sono prodotti da una corrente che propagandosi attraverso di un cattivo conduttore, lo agita talmente da renderlo incandescente. L'uno e l'altra sono accompagnati dal trasporto di particelle solide che staccate a forza e trasportate dalla corrente divengono anche esse incandescenti ed emettono una luce ben più viva di quella della massa gassosa; appunto come la fina polvere di carbone o i sottili fili di platino introdotti nella languida fiamma dell'idrogene o dell'alcool ne accresco-

no mirabilmente il potere illuminante.

L'arco voltaico, e lo stesso dicasi della scintilla elettrica, si manifesta non pure nei gas che non mantengono la combustione, ma anche nei liquidi e tanto più facilmente quanto il liquido è peggior conduttore. Ciò mostra che la combustione la quale nell'aria accompagna l'arco voltaico non è la cagione del calorico e della luce che esso sviluppa. Nei liquidi oltre la luce ed il calorico si osserva aziandio un abbondante sviluppo di sostanze gassose che provengono dalla scomposizione del liquido. Ora tale sviluppo di sostanze gassose deve attribuirsi all'azione calorifica dei reofori piuttosto che alla virtù decomponente dell'elettricità dinamica; poichè il fenomeno ha luogo anche nel caso che i due reofori sieno a contatto, eppero quando l'elettrico non passa pel liquido o solo vi passa in quantità piccolissima.

321. Non è senza interesse la differenza di temperatura che si osserva nei due reofori fra i quali si produce l'arco voltaico. Se questi sono della stessa natura p. e. ambedue di carbone, il positivo si scalda più del negativo; ma se sono di diversa natura si scalda sempre più quello che è meno conduttore o sia positivo o sia negativo. Così se il reoforo positivo sia di platino o d'argento e il negativo di carbone, questo si scalda più di quello. Il calorico dunque anche nel caso dell'arco voltaico si distribuisce come nei conduttori continui; cioè le porzioni del circuito che op-

pongono più resistenza si scaldano sempre maggiormente. Il riscaldamento più intenso del rooforo positivo nel caso che ambedue i roofori sieno omogenei, come pure il più abbondante trasporto di materia ponderabile, fa vedere che il rooforo positivo, a parità di circostanze, soffre per la corrente un'azione più energica del negativo.

322. Le circostanze più favorevoli per istudiare le proprietà della luce elettrica ce le offrono i mezzi gassosi molto rarefatti. Si prenda un globo di vetro V a due colli chiusi da viere metalliche attraverso le quali passino due verghe pure metalliche terminate da due palle che si possano avvicinare l'una all'altra. Rarefatta più che sia possibile l'aria nel globo (dicesi vuoto elettrico) si faccia comunicare una delle due palle col conduttore della mac-

china elettrica, mentre l'altra comunica col suolo, ovvero si uniscano le due palle ai due capi del filo di induttore di una buona macchina elettro-magnetica. L'interna capacità dell'uovo si vedrà illuminata di debole luce rossoviolacea che sembra circolare a modo di spirale, forse per la conducibilità dello strato di vapor d'acqua aderente al vetro. Se ci facciamo a considerare attentamente questa luce, la vedremo composta di una serie di zone luminose, separate le une dalle altre da zone oscure, o come suol dirsi stratificata. In vicinanza della palla negativa la luce è violacea, e rossa in vicinanza della positiva. Fra l'una e l'altra luce verso la parte negativa si osserva uno spazio completamente oscuro. Da ambedue le palle ma specialmente dalla positiva si vedono di tanto in tanto scoccare delle piccole ma vivaci scintille, che annunziano le particelle solide distaccate dalla corrente. Variando la natura del mezzo gassoso rarefatto e le dimensioni dello spazio chiuso, le apparenze luminose vengono alquanto modificate.

323. La luce elettrica, come la solare, gode la proprietà di comunicare la fosforescenza, cioè l'attitudine di splendere nell'oscurità, alle sostanze che ne sono capaci. Dopo il passaggio della scintilla lo zucchero cristallizzato, l'acetato di potassa, il solfato di barite &c. splendono con bella luce verde, ed il cristallo di monte con luce da prima rossa e poi bianca. Nè sempre è necessario al fenomeno che la scintil-

la passi attraverso il corpo: basta che scorra vicino ad esso. Se si chiudano in un tubo di vetro dei frammenti di gusci di ostrica calcinati e quindi si facciano scorrere delle scintille elettriche sulla superficie esteriore del tubo; quei frammenti fosforeggiano per alcun tempo. L'arco voltaico produce gli stessi fenomeni, ma in grado assai inferiore alla scintilla. E' poi provato coll'esperienza che la proprietà di promuovere la fosforescenza appartiene alla luce elettrica e non alla azione diretta dell'elettrico; poichè se la sostanza fosforica si chiuda in tubi di vetro rosso o giallo, la fosforescenza non si manifesta; e si manifesta se i tubi sieno di color violetto od azzurro, come accade nella fosforescenza che producono i raggi solari.

324. A conferma di ciò che si è detto sulla natura della luce elettrica gioverà notare che l'arco voltaico ubbidisce all'azione della corrente non altrimenti che un conduttore mobile percorso da corrente elettrica. E se in cambio di una calamita ordinaria si accosti all'arco voltaico un forte elettro-magnete, l'azione è sì energica che talvolta l'arco resta interrotto; senza dubbio per il mutuo allontanamento delle molecule che stabiliscono la comunicazione fra i due roofori, e che formano il conduttore mobile su cui opera la calamita. Questa azione della calamita sulla luce elettrica si osserva meglio nell'aria rarefatta, ove i due roofori posso

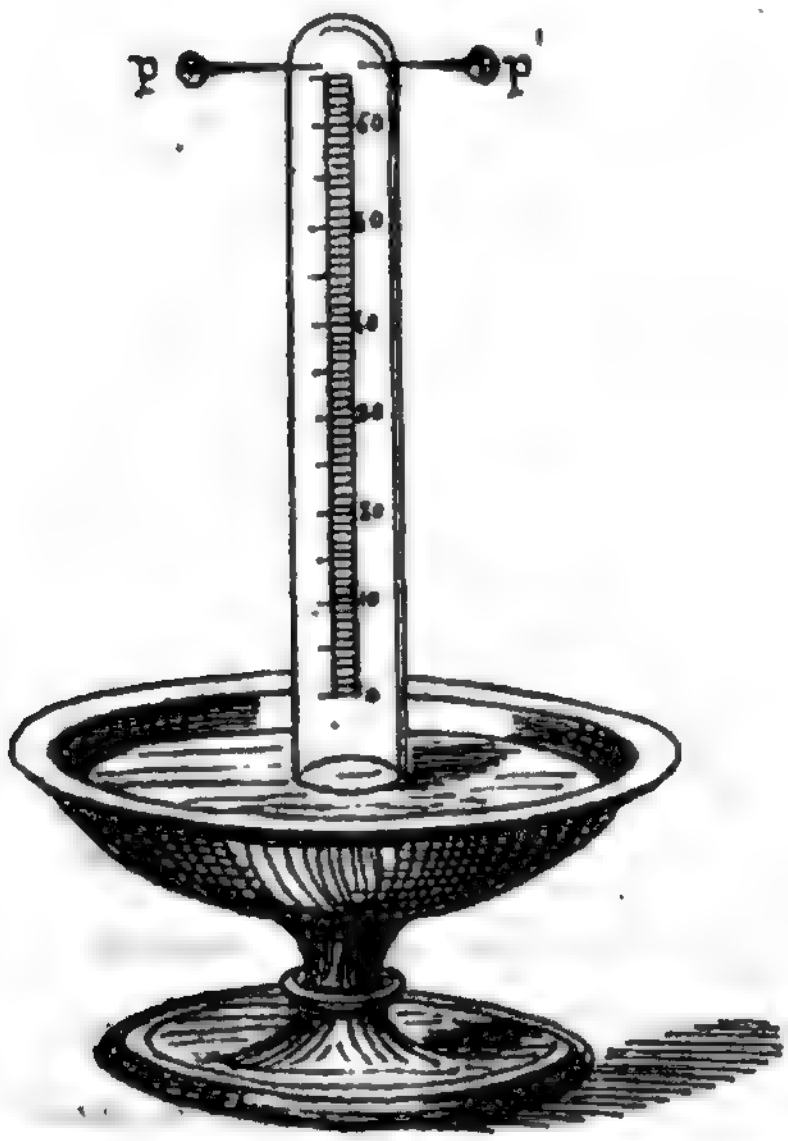
no avere fra loro la distanza di parecchi decimetri.

Articolo 6.

Effetti chimici delle correnti elettriche

---

325. Cominciando dalle correnti istantanee, ossia dalle scintille elettriche, queste spesso determinano la sintesi o l'analisi delle sostanze che attraversano. Così otteniamo la formazione dell'acqua da un miscuglio di ossigene e d'idrogene. Empito di mercurio un tubo di grosso vetro e rovesciatolo in un vaso pieno esso pure di mercurio, si introducono nel tubo due volumi di idrogene ed uno di ossigene; quindi si fa scoccare una scintil-



la elettrica fra due fili p , p' che penetrano nel tubo ed hanno le punte vicine l'uno all'altro : il miscuglio s'infiamma ed il mercurio ascende ad occupare lo spazio rimasto vuoto, coprendosi di un sottil velo di acqua. Ripetuta l'esperienza piu volte di seguito si puo' ottenere una quantita' di acqua abbastanza grande. Su questa azione della scintilla e fondata la celebre pistola di Volta, nella quale un miscuglio d'ossigene e d'idrogene, ovvero di idrogene e di aria atmosferica allo scoccare della scintilla produce un' esplosione capace di lanciare a molta distanza il turacciolo di sughero adattato alla bocca della pistola.

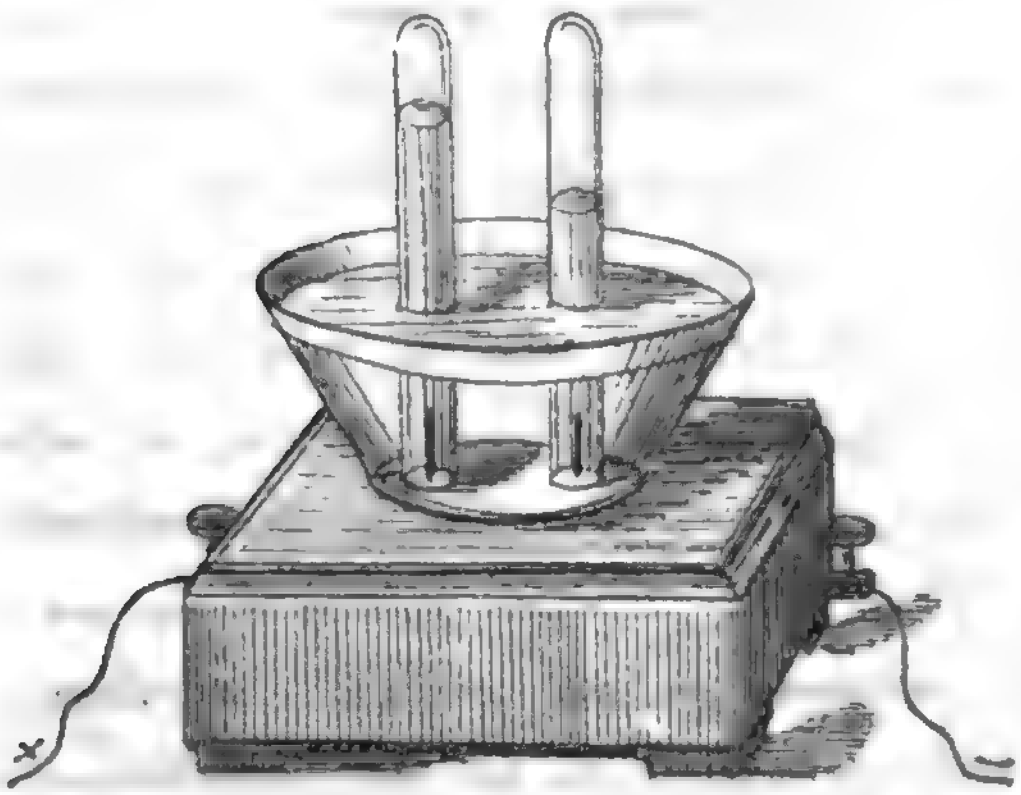
La scintilla elettrica che passando attraverso un miscuglio di ossigene e d'idrogene produce l'acqua, passando invece attraverso dell'acqua la decompone in un miscuglio d'ossigene e d'idrogene ; ma per ottenere una quantita' sensibile di tale miscuglio e necessario che l'acqua venga investita da un gran numero di scintille.

Cio' che si e detto dell'acqua e de' suoi componenti si puo' anche dire di moltissimi altri composti e degli elementi che li compongono. Ma conviene osservare che siffatte operazioni chimiche per la massima parte sono soltanto effetti mediati della scintilla elettrica, nello stesso modo che si e notato per l'ossidazione e combustione de' metalli e di altri corpi. Con un filo di platino incandescente spesso si ottengono gli effetti chimici della scintilla elettrica ; dunque le composizioni

e scomposizioni che questa produce sono principalmente dovute alla sua virtù calorifica.

E' vero però che la scintilla elettrica anche indipendentemente dall'azione calorifica determina delle analisi e sintesi chimiche. Ciò accade sopratutto quando le scintille sono piccolissime e si succedono con tale rapidità da imitare le correnti continue. Ciononostante anche in questi casi le correnti istantanee sono ben lungi dal presentare gli effetti chimici in una maniera sì decisa ed uniforme come ci vengono presentati dalle correnti continue.

326. Scoperta appena la pila, si osservò che se i reofori che partono dai poli dell'apparato pescano nell'acqua, questa subito si decompone; l'idrogene va al reoforo negativo e si sviluppa attorno ad esso, e l'ossigene va al positivo; e se questo è ossidabile, con esso si combina l'ossigene nascente, e poco o nulla ne appare libero. Non così se il reoforo positivo sia di platino o di altro metallo incapace di ossidarsi In questo caso ambedue i gas si sviluppano, e può ciascuno essere separa-



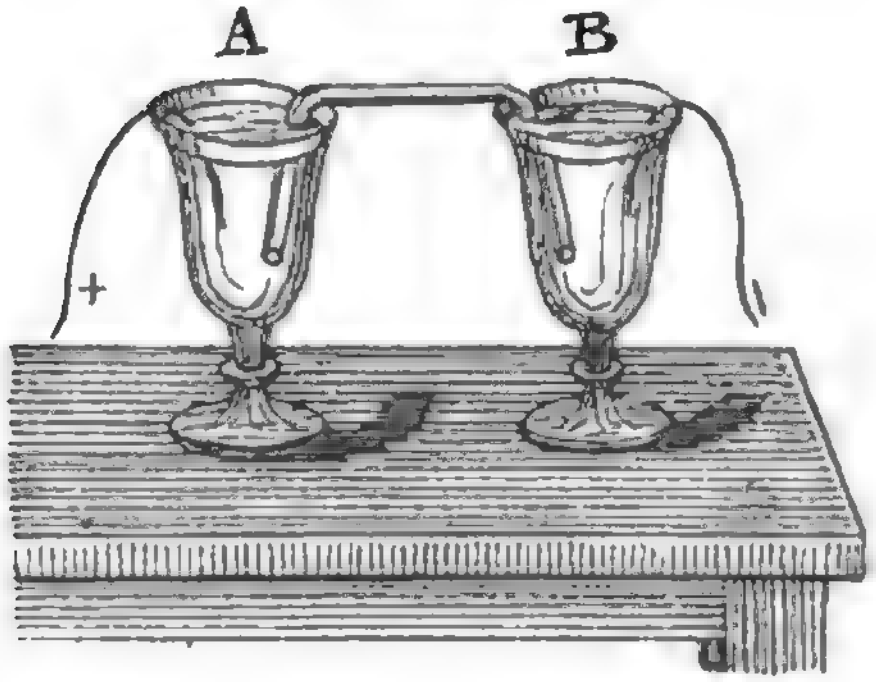
tamente raccolto in un tubo pieno di acqua posto sopra il rooforo presso cui si sviluppa. Questo apparato dicesi voltametro, perchè misura, mediante l'azione chimica, la quantità di elettrico che sotto forma di corrente attraversa l'acqua. Le analisi prodotte dalle correnti continue si sogliono chiamare elettrolisi; i corpi che la corrente scompone elettroliti, ed elettrodi i roofori che servono alla elettrolisi.

L'elettrolisi dell'acqua è tanto più copiosa quanto più vicini sono gli elettrodi, quanto più elevata n'è la temperatura; e tuttociò che diminisce la resistenza, come fanno gli acidi ed i sali che vi si sciolgono, ne agevola l'elettrolisi. Da tutto ciò si fa manifesto che l'elettrolisi non è unicamente prodotta dall'attrazione che esercitano i due poli sugli elementi dell'elettrolito, e per conseguenza che non è un fenomeno di elettricità statica, ma dinamica.

Come l'acqua è scomposta ne' suoi elementi dall'elettricità dinamica, così pure lo sono gli acidi, gli ossidi, i sali, e in generale tutti i composti che possono trasmettere la corrente elettrica, purchè sieno prima ridotti allo stato liquido per via di soluzione o di fusione. Se un pezzo di pura potassa si collochi sopra una lamina di platino comunicante col polo negativo di una forte pila, e quindi si tocchi la superficie superiore della potassa con un filo di platino che comunica col polo positivo; la potassa-

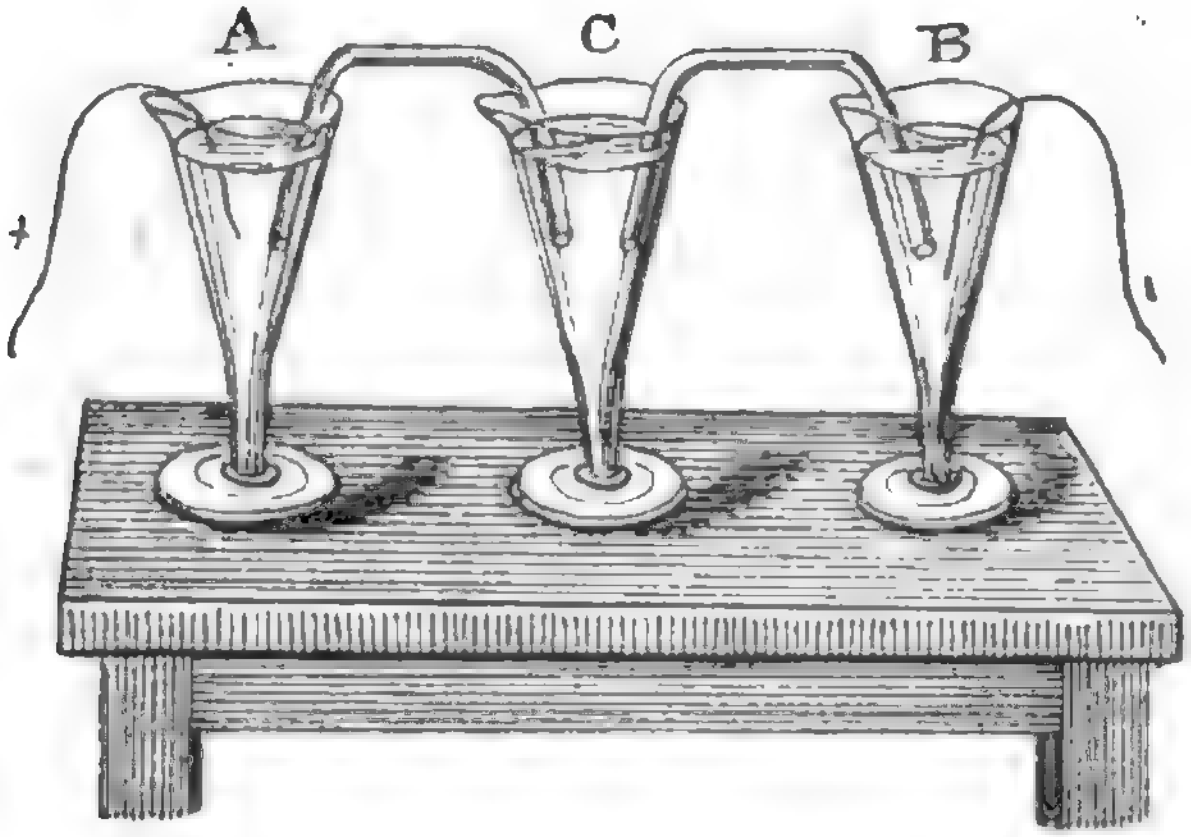
si scompone, l'ossigene si sviluppa attorno al filo positivo, e sulla lamina negativa appaiono dei brillanti globetti di potassio, che a contatto dell'aria perdono presto il loro splendore. Per tal maniera si trovo' che la soda, la litina e le diverse terre non sono che ossidi dai quali si possono isolare i radicali metallici.

327. Cio' che sopratutto distingue l'elettrolisi dalle analisi chimiche e' il trasporto degli elementi scomposti all'uno o all'altro elettrodo. Da tutte le elettrolisi finora istituite risulta che l'ossigene e gli acidi sono portati all'elettrodo positivo; gli alcali, le terre ed in generale le basi al negativo, tanto nel caso che ambedue gli elettrodi peschino nella medesima soluzione, come nel caso che peschino in soluzioni diverse e in diversi recipienti. Sieno A e B due vasselli di vetro comunicanti fra loro per mezzo di un tubo pure di vetro piegato a sifone e pieno di acqua; nel vasello B sia dell'acqua stillata ed in A una soluzione salina p. e. di solfato di potassa. Posto in A l'elettrodo positivo di una pila ed in B il negativo, dopo qualche tempo si trovera' in A tutto l'acido



solforico del sale, ed in B tutta la potassa. Per converso si troverebbe in A la potassa ed in B l'acido, allorquando la corrente andasse in senso contrario.

Se fra i due vasi A e B se ne frapponga un terzo C pieno d'acido nitrico e comunicante cogli altri due per due sifoncini pieni di acqua, l'esperienza riesce più sorprendente; poichè posto in A

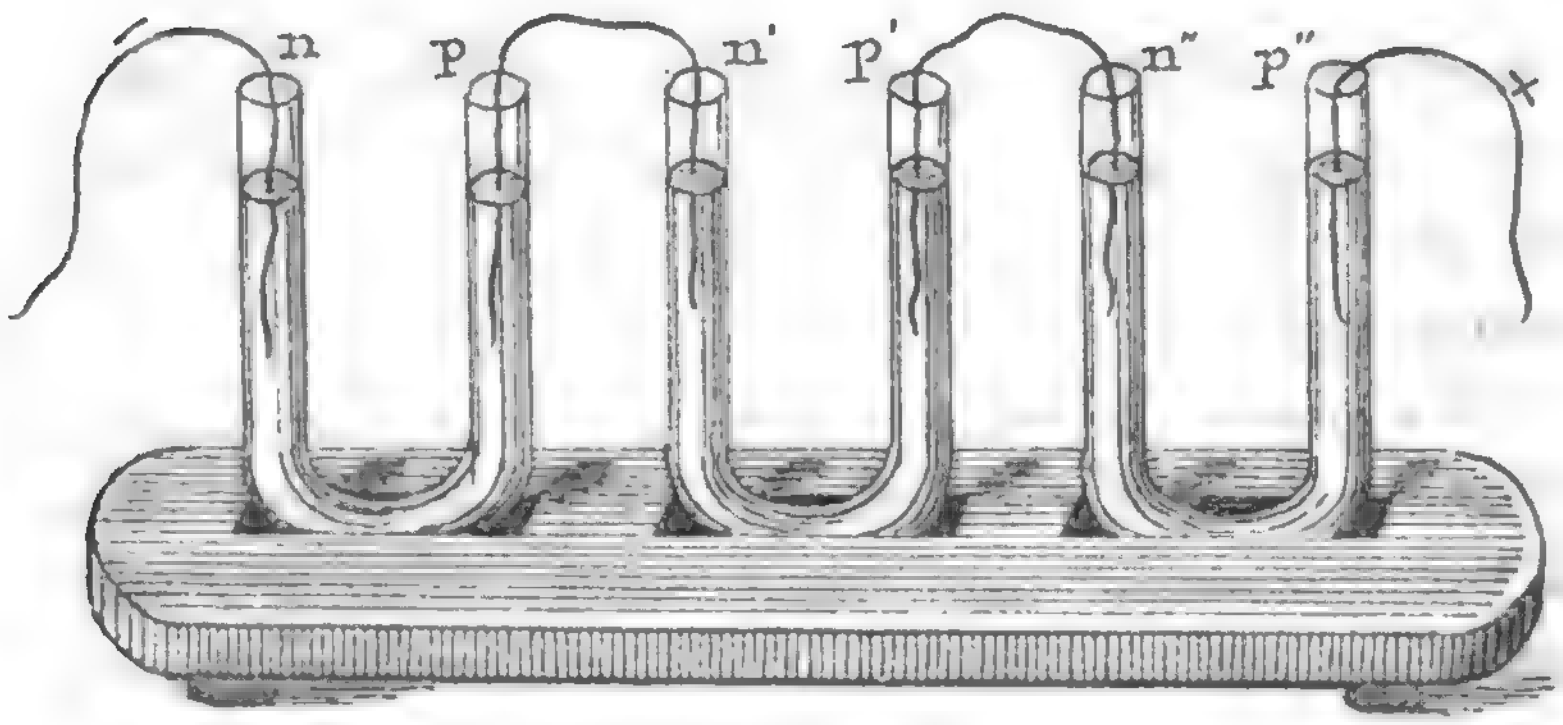


l'elettrodo positivo ed in B il negativo, la potassa per passare nel vaso B attraversa il vaso C senza esser trattenuta dall'acido nitrico con cui ha fortissima affinità.

Da questo trasporto degli elementi scomposti all'uno o all'altro elettrodo ebbe origine nella chimica la distinzione delle sostanze in positive e negative; dicendosi positive quelle che nell'elettrolisi vanno all'elettrodo negativo, e negative quelle che vanno al positivo. E' poichè un medesimo corpo può

andare ora all'elettrodo positivo ed ora al negativo; come per esempio il cloro che si porta all'elettrodo positivo quando è combinato all'idrogene nell'acido cloroidrico, ed al polo negativo quando è combinato all'ossigene nell'acido clorico; apertamente si vede che la proprietà de' corpi di esser positivi o negativi non ha nulla d'assoluto, ma è relativa agli altri con cui sono chimicamente uniti.

328. Un altro carattere distintivo dell'elettrolisi è che „ la scomposizione non si manifesta „ se non a contatto degli elettrodi „. Qualunque sia la distanza dei due fili di platino di un voltametro, neppure con ottimi microscopî si osserva il menomo indizio di molecule scomposte nella massa liquida, salvo che dove tocca i fili medesimi. Si noti però che la voce elettrodo in questo caso si prende in un senso molto più am



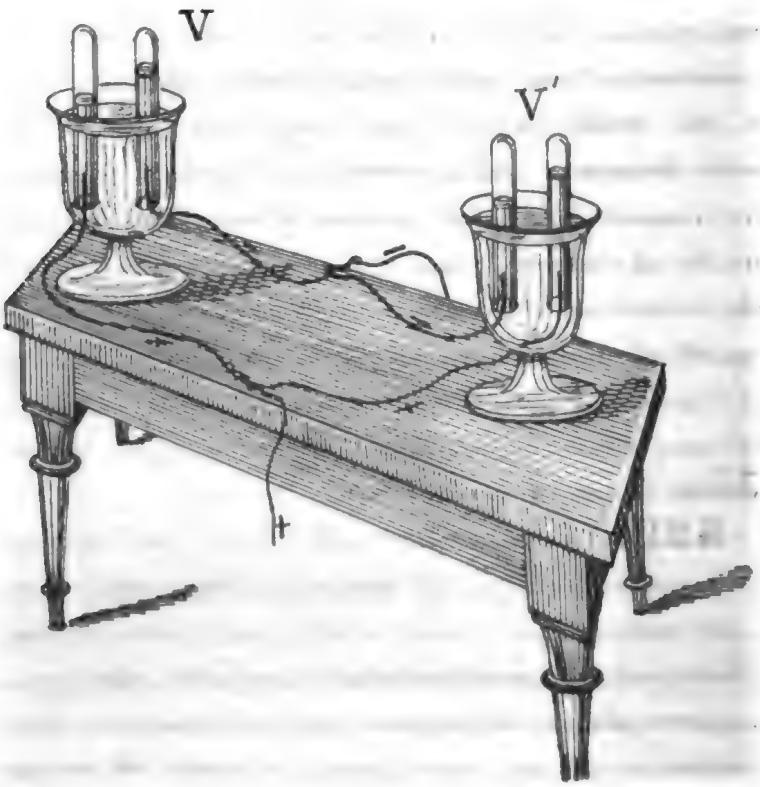
pio dell'ordinario; si vuole cioè con essa significa

re qualunque parte del circuito che trovisi a contatto immediato col liquido elettrolitico. Difatto se prendansi tre tubi piegati a sifone, contenenti una soluzione salina p.es di solfato di soda colorata in blù da qualche sostanza vegetale, e comunicanti fra loro per mezzo di fili di platino, mentre i due estremi comunicano coi due poli di una pila, si vedrà che l'elettrolisi ha luogo dovunque la corrente passa dal platino al liquido, e per contrario.

Tutto ciò ci viene mostrato non solamente dallo sviluppo dei gas che si osserva in tutti i tubi, ma eziandio dal colorarsi in rosso che fanno le soluzioni nei bracci **p**, **p'**, **p"** rivolti verso il polo positivo ed in verde quelle contenute nei bracci **n**, **n'**, **n"** rivolti verso il polo negativo. Basta rovesciare la direzione della corrente per vedere le parti verdi e rosse de' liquidi prima tornare al blù, quindi quelle che erano rosse passare al verde, e quelle che erano verdi passare al rosso. E' poi chiaro che questa doppia colorazione è un effetto dell'acido e dell'alcali che sviluppatisi a contatto degli elettrodi positivi e negativi si diffondono per tutta la massa liquida circostante.

329. Venendo ora alle leggi dell'elettrolisi, la prima è che „ l'azione chimica della corrente „ è definita „, vale a dire una certa quantità di elettrico non produce che un effetto chimico determinato. Se si dispongano più voltametri uno appresso l'altro in un medesimo circuito di maniera

che ciascuno sia attraversato per un medesimo tempo dalla medesima corrente, si trova che la quantità di ossigene e d'idrogene che si sviluppa è in tutti la stessa anche nel caso che sieno diverse le soluzioni e diversa la grandezza degli elettrodi. Le soluzioni possono essere acide, alcaline o saline, esse possono essere più o meno concentrate e nondimeno dànno sempre la stessa quantità di gas, solo che sieno attraversate per un medesimo tempo dalla medesima corrente elettrica. Ciò è sì vero, che se si collochino due voltametri perfettamente uguali V, V' di maniera che la corren-



te debba egualmente dividersi fra loro, la quantità di gas che si sviluppa in ciascuno è la metà di quello che si svilupperebbe in un solo voltametro collocato nel circuito di maniera da essere attraversato da tutta la corrente. Che se i due voltametri V., V' non sieno del tutto uguali quanto alla facoltà conduttrice, le quantità di gas che si sviluppano in ciascuno non sono più le stesse, ma la somma di queste quantità rimane sempre uguale alla quantità di gas sviluppata nel voltametro unico. Una tale proporzionalità fra l'elettrolisi e l'elettrico che si trasmette si verifica in tutti gli elettroliti. Le eccezioni che talora si presentano non sono che apparenti e per lo più dipendono dai prodotti secondarî che spesso si formano specialmente cogli elettroliti di composizione più complicata de' binari di primo ordine. I molteplici elementi che in questo caso vengono portati al medesimo elettrodo in cambio di rimanere isolati non di rado formano de' nuovi composti fra loro e colla sostanza medesima degli elettrodi: tanto più che gli elementi allo stato nascente hanno delle affinità tutte particolari

330. La seconda legge dell'elettrolisi è un corollario della precedente, e si riassume in questa enunciazione „ le quantità ponderali degli „ elementi che separa una stessa corrente, attraversando diversi elettroliti sono proporzionali „ agli equivalenti chimici degli elementi medesimi „ .

Se a cagione di esempio si dispongano in un medesimo circuito uno appresso dell'altro diversi elettroliti; come acqua acidulata, protocloruro di stagno, cloruro di piombo &c., e si arresti l'operazione quando si è ottenuto un gramma d'ossigene; si trova che le quantità d'idrogene, cloro, stagno e piombo separate dalla corrente sono espresse dai numeri $0^{gr}.125$; $4^{gr}.432$; $7^{gr},353$; $12^{gr},94$; che sono proporzionali agli equivalenti chimici delle sostanze medesime.

Trattandosi di quei composti nei quali un equivalente di una sostanza è combinato a due o più equivalenti di un'altra, questa legge, e per conseguenza anche la precedente, deve necessariamente essere modificata. Così p. e. col sesquicloruro di ferro Fe^2Cl^3 o di antimonio Sb^2Cl^3, allorchè siasi raccolto un equivalente di cloro all'elettrodo positivo, non si potrà essere precipitato all'elettrodo negativo più di $\frac{2}{3}$ di equivalente del metallo. Ma gli elettroliti nei quali un equivalente di una sostanza è combinato con uno o più equivalenti di un'altra sono pochissimi; e finora non si hanno sperienze al tutto decisive sul modo di loro elettrolizzazione.

331. L'ultima legge che poniamo dell'elettrolisi risguarda le mescolanze di due o più elettroliti. Allorchè la corrente attraversa tali mescolanze alle volte uno solo degli elettroliti si scompone, ed alle volte se ne scompone simultta-

neamente più d'uno. Ciò dipende 1°. dalla forza della corrente ; 2°. dalla natura e conducibilità degli elettroliti ; 3°. dalla quantità relativa con che ciascuno elettrolito entra nella mescolanza. Così p. e. quando una debole corrente attraversa una soluzione molto concentrata di un cloruro o ioduro , questo solamente si scompone; laddove si scompone anche l'acqua se cresce la forza della corrente e se la soluzione diviene più diluita. Ma qualunque sia la causa per cui una corrente scompone piuttosto uno che l'altro elettrolito, resta sempre vero che le somme degli elementi scomposti sono fra loro equivalenti , sia che si scomponga un solo elettrolito , sia che se ne scompongano insieme più d'uno.

Le soluzioni saline non sono che mescolanze di elettroliti, dacchè tanto il sale che l'acqua possono essere scomposti dalla corrente. Senonchè nell'elettrolisi delle soluzioni saline si osservano de' fatti che meritano tutta l'attenzione. Mentre il sale si scompone si ha talora sugli elettrodi lo stesso sviluppo di ossigene e di idrogene come se l'acqua sola si scomponesse , e talora si ha lo sviluppo d'ossigene all'elettrodo positivo, senza il corrispondente sviluppo d'idrogene al negativo. Nel primo caso all'elettrodo negativo si mostra la base del sale indecomposta, e nel secondo invece della base vi si mostra il metallo ripristinato. Colle so

luzioni p. e. de' sali di potassa, di soda, di litina e delle terre alcaline all'elettrodo negativo oltre all'idrogene si ottiene potassa, soda, litina &c.; mentre colle soluzioni de' sali di piombo, rame, argento ed in generale de' metalli delle ultime classi all'elettrodo negativo non si ottiene che il puro metallo. A spiegare questi fatti per molto tempo si ammise che l'elettrolisi delle soluzioni saline fosse sempre accompagnata dall'elettrolisi dell'acqua. In tale ipotesi è chiaro che l'idrogene dell'acqua trovandosi a contatto della base del sale, se questa sia un ossido riducibile dall'idrogene, si formerá di nuovo l'acqua, e il metallo precipiterá ripristinato; se poi la base del sale sia un ossido irriducibile dall'idrogene, questo svilupperassi, e l'ossido rimarrá indecomposto. Ma l'ipotesi che l'elettrolisi delle soluzioni saline sia sempre accompagnata dall'elettrolisi dell'acqua non si concilia colla legge dell'azione definita; imperocché in quella ipotesi dovrebbe dirsi che la medesima corrente passando per l'acqua stillata scompone un equivalente di acqua; e passando per una soluzione salina scompone un equivalente di sale ed uno di acqua. Sembra dunque piú verisimile l'ammettere che nella elettrolisi de' sali l'acido e l'ossigene della base vadano entrambi all'elettrodo positivo, ed il solo metallo al negativo. Anche in questa ipotesi è manifesto che coi sali de' metalli scompo

nenti l'acqua a tutte le temperature all'elettrodo negativo si avrà sviluppo d'idrogene per la scomposizione dell'acqua prodotta non dall'azione chimica della corrente, ma dall'affinità del metallo per l'ossigene. Questa seconda ipotesi oltre che si concilia colla legge dell'azione definita è anche resa molto probabile dal fatto, che quando si sottomette all'azione della corrente un sale divenuto elettrolizzabile per via di fusione ciò che si ottiene all'elettrodo negativo non è la base del sale ma il puro metallo. Così p. e. coll'acetato di piombo fuso si deposita sull'elettrodo negativo non l'ossido di piombo ma il piombo ripristinato, sebbene a quella temperatura l'affinità del piombo per l'ossigene sia maggiore che alle temperature ordinarie.

332. All'azione chimica della corrente sembrano dovuti i fenomeni del sapore e odore elettrico. Chiusa la lingua fra due metalli eterogenei e portati questi a mutuo contatto in qualche punto di loro superficie spesso avviene che si senta un sapore acido od alcalino. Con due laminette una di zinco e l'altra di rame si sente sapore acido se il zinco tocca al disopra o l'apice della lingua; e si sente sapore alcalino se il disopra della lingua è toccato dal rame. I due metalli a contatto formano un elemento voltaico in cui il zinco fa da elettrodo positivo ed il rame da negativo. Se qualche particella salina esistente nella saliva sia decomposta dalla debole

corrente che l'attraversa, l'acido andrà sul zinco e la base sul rame; e perciò si potrà sentire un sapore acido od alcalino secondo che l'apice della lingua, ove è la sede principale del gusto, tocchi quello o questo metallo.

Quanto all'odore elettrico anche i primi elettricisti notarono che una serie di scintille elettriche passando per un tubo pieno di aria comune o di ossigene comunicano a questi gas un odore caratteristico parte solforoso e parte fosforico che dissero odore elettrico perchè accompagna sempre lo sviluppo di elettricità nelle ordinarie macchine elettriche. Più tardi si osservò che questo principio odoroso si manifesta eziandio all'elettrodo positivo di oro o di platino.

Nella scomposizione dell'acqua per forti correnti elettriche, come anche nell'aria aperta ad occasione di temporali, specialmente nelle vicinanze di luoghi colpiti dal fulmine, si sente pure il medesimo odore: e si è potuto finalmente provare con esperienze dirette che l'odore elettrico è dovuto ad una sostanza gasosa che ha avuto il nome di ozono e che oltre alla proprietà caratteristica di un odore particolare, ne ha molte altre, delle quali le più cospicue sono: di agire sulle sostanze organiche come il cloro, e di scomporre prontamente lo ioduro di potassio liberando ne lo iodio. Senza fermarci sulle varie ipotesi che si sono fatte intorno alla natura dell'ozono, le

sperienze sembrano porre fuori di controversia, che l'ozono non è altro che una modificazione allotropica dell'ossigene, analoga a ciò che i chimici chiamano stato nascente; mentre vediamo che non mai si produce l'ozono senza la presenza dell'ossigene, e che la sola presenza dell'ossigene basta per la produzione dell'ozono sotto l'influsso dell'elettrico. Ma quale sia l'azione che esercita l'elettricità per ozonare l'ossigene è finora incerta. Non è però invero simile che quest'azione consista nell'isolare gli atomi dell'ossigene, che nello stato ordinario si possono credere aggruppati in modo da formare delle molecule composte di un maggiore o minor numero di tali atomi.

333. L'azione chimica delle correnti elettriche è stata feconda di molte utili applicazioni, fra le quali meritano principalmente di essere conosciute la Galvanoplastica, e la doratura e argentatura galvaniche. La galvanoplastica ha per iscopo di modellare i metalli facendoli precipitare dalle loro soluzioni saline per mezzo di una corrente elettrica. Il metallo comunemente adoperato nella galvanoplastica è il rame. La forma o modello dell'oggetto che si vuole riprodurre in rame (1) s'introduce in una soluzione

---

(1). Se la forma o modello non è di sostanza conduttrice per l'elettrico, fa d'uopo metallizzarla applicando

satura di puro solfato di rame, facendola comunicare col rooforo negativo di un elemento o pila voltaica, il cui rooforo positivo sia immerso nella soluzione medesima. Il metallo ripristinato dalla corrente si deposita sulla forma, e vi si adatta perfettamente ricoprendola di una crosta solida la cui spessezza cresce a misura che cresce la durata dell'operazione. In tale maniera non solamente si ottengono in rame i bassi rilievi e le statue, ma eziandio si riproducono le lamine dagherriane e i rami incisi con tanta esattezza, che le copie gareggiano cogli originali. Al buon successo dell'operazione è necessario che la corrente sia debole e costante, e che la soluzione si mantenga sempre satura, di maniera che il rame lentamente precipiti e non si scomponga anche l'acqua, il cui idrogene nascente farebbe prendere al metallo una tessitura granulosa, e però priva di duttilità e lucentezza.

334. La doratura e argentatura galvaniche hanno per iscopo di applicare per mezzo della corrente uno strateretto di oro o di argento sulle superficie metalliche; nè differiscono dalla galvanoplastica se non in ciò che il precipitato d'oro e di argento deve avere una spessezza

---

vi uno stratarello metallico ovvero un sottilissimo velo di grafite.

tenuissima e aderire perfettamente alla sottoposta superficie. Con pila di pochi elementi ed un bagno composto di una parte di cianuro d'oro, 10 di cianuro di potassio e 100 di acqua stillata, si dorano benissimo il platino, l'argento, il rame, l'ottone, il bronzo e l'argentana. La doratura degli altri metalli come ferro, acciaio, piombo, stagno non riesce molto felice se prima non vi si faccia depositare un sottil velo di rame. Il bagno che ha servito alla doratura di un oggetto puo' servire per moltissimi altri; purche' l'elettrodo positivo si faccia terminare in una laminetta di oro, la quale sciogliendosi a poco a poco somministra al bagno sempre nuove quantita' di metallo.

Sostituendo al cianuro d'oro il cianuro d'argento ed alla laminetta d'oro dell'elettrodo positivo una laminetta d'argento, agevolissimamente s'inargentano il rame, l'ottone, lo stagno, il ferro, l'acciaio e il piombo.

In modi analoghi si applica sui metalli un velo di platino, di rame, di zinco, di stagno, di piombo &c. Allorche' si tratta di applicare il platino conviene rimpiazzare il bagno di cianuro con una soluzione di cloruro doppio di platino e di potassio nella potassa caustica. Quanto al piombo, al zinco ed allo stagno, questi si applicano mediante la soluzione dei loro ossidi nella potassa caustica.

Articolo 7.

Effetti fisiologici delle correnti elettriche

335. Col nome di effetti fisiologici delle correnti elettriche s'intendono quei fenomeni che l'elettricità dinamica produce nei corpi organizzati. Abbiamo mentovata (332) la sensazione di sapore che si sente chiudendo la lingua fra due metalli costituenti una coppia voltaica. Il sapore acido si sente anche applicando l'apice della lingua al conduttore della macchina elettrica positivamente elettrizzato; come pure tenendo in bocca il rooforo positivo di una pila ed in mano il negativo. Un sapore assai diverso, spesso alcalino, si sente se si applichi la lingua al conduttore negativo, o si tenga in bocca il rooforo negativo di una pila.

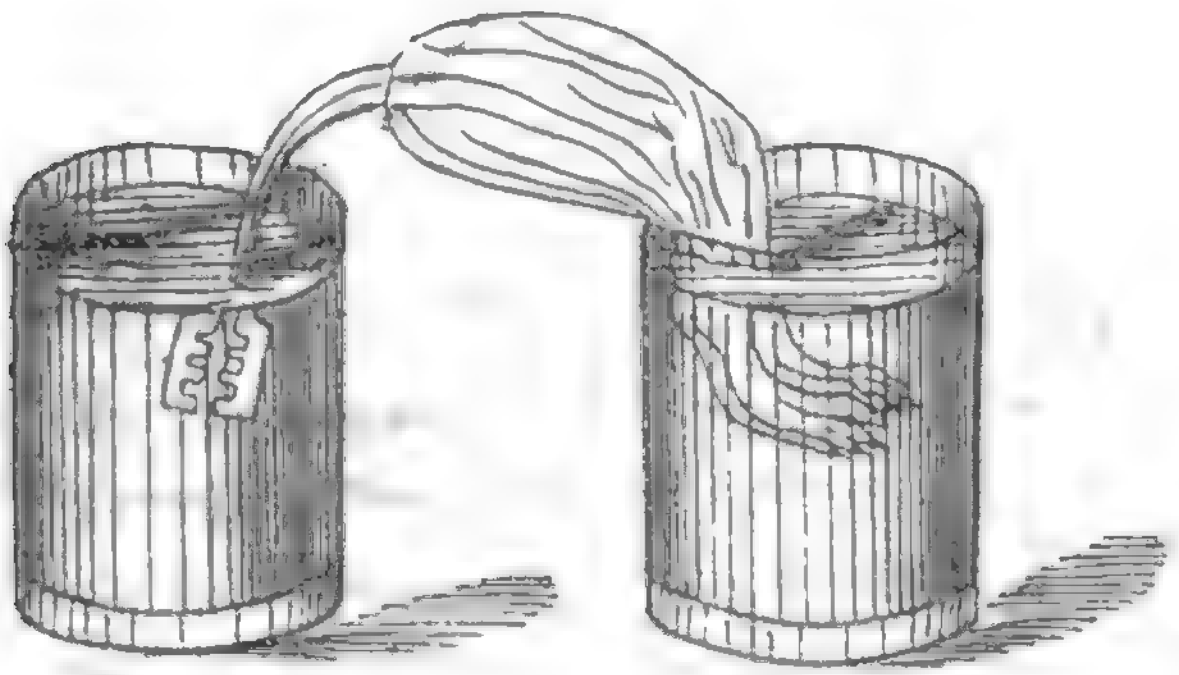
Se mentre si tiene in mano un rooforo si porti l'altro a contatto della fronte o di altra parte del volto, anche nell'oscurità più perfetta si ha sensazione di luce ossia di un piccolo lampicello. Questa sensazione non è permanente come quella del sapore, e per lo più si manifesta soltanto nell'aprirsi o nel chiudersi del circuito.

536 Ma l'azione precipua delle correnti elettriche sugli animali consiste in una sensazione tutta speciale più o meno sgradevole o dolorosa che essi provano, e nella contrazione ed accorciamento che soffrono i loro muscoli quando vengono sottomessi all'azione della corrente elettrica; contrazione ed accorciamento che ha luogo anche dopo che l'animale ha cessato di vivere. Quando si accosta la mano o altra parte del corpo al conduttore della macchina elettrica in maniera da ricevere una piccola scintilla, si prova una sensazione come di leggera puntura. Crescendo la lunghezza della scintilla e la copia dell'elettrico, la sensazione si fa più dolorosa ed è accompagnata da contrazioni muscolari involontarie, che si vanno gradatamente propagando a maggiore distanza dal punto in cui è scoccata la scintilla e che costituiscono il fenomeno della scossa elettrica. Se la scossa proviene dalla scarica di uno o più coibenti armati, non solo è dolorosa ma può riuscire anche pericolosa, e lascia nei muscoli un certo intormentimento che dura per qualche tempo. La scarica di un coibente armato o di un conduttore di grande capacità per l'elettrico si sente particolarmente nelle giunture delle dita, nei polsi, nei gomiti ed in generale nelle articolazioni, ove l'elettrico si addensa per vincere l'ostacolo opposto dalla interruzione delle ossa, e da un poco di materia untuosa, che ivi si trova.

337. Benchè la scossa della pila soglia essere minore di quella de' coibenti armati, è per altro assai intensa se le coppie sieno in gran numero. Per provare sul proprio corpo gli effetti della corrente continua, basta impugnare colle due mani bagnate i roofori di una pila, ovvero immergere ciascuna mano in due vasi pieni di acqua salata, e comunicanti uno col roofo ro positivo e l'altro col negativo. Al chiudersi del circuito si sente una scossa che si estende fino al collo della mano o al gomito, secondo l'intensità della corrente. Restando chiuso il circuito, non si ha più scossa; ma se la pila è molto forte si prova una sensazione ingrata, un bruciore crescente che talora diviene insoffribile. Finalmente all'aprirsi del circuito si sente talora un'altra scossa per lo più minore, ma alle volte anche maggiore della prima. Si vede dunque che le correnti producono le contrazioni muscolari solo quando cominciano ad agire sugli organi o cessano, e non quando proseguono senza più nell'azione già cominciata.

338. Allorchè la corrente non è troppo forte e non opera immediatamente sui muscoli, ma sui nervi che presiedono ai movimenti dei muscoli, si osserva un fatto assai rimarchevole. Se la corrente è diretta nel senso delle ramificazioni de' nervi, al chiudersi del circuito succede la scossa; questa manca se la

corrente va in senso opposto alle ramificazioni dei nervi. Il contrario accade all'aprirsi del circuito; cioè si ha la scossa solo quando la corrente va in senso opposto a quelle ramificazioni. Per dimostrare questo fatto si prende una rana uccisa di fresco, e preparata alla maniera di Galvani, vale a dire spogliata della pelle e di tutta la metà superiore del corpo, in guisa che i soli nervi crurali con un pezzetto di spina dorsale pendano nudi dalle cosce: posti questi nervi sco perti della rana in un bicchiere pieno di acqua e le gambe in altro bicchiere parimente pieno



di acqua, s'introducano in questi bicchieri i due reofori di una pila, e si osserva che, se il reoforo positivo pesca nel bicchiere ove è collocata la porzione de' nervi messa a nudo, la rana si scuote tutte le volte che si chiude il circuito e non quando si apre. Roveseiata la posizione dei reofori, le contrazioni della rana si

veggono solamente all' aprirsi del circuito.

Le correnti che vanno nel senso delle ramificazioni dei nervi si appellano dirette, ed inverse quelle che vanno nel senso contrario. Restando chiuso il circuito per un tempo alquanto lungo, la rana dell'esperienza precedente perde la virtù di scuotersi per l'azione di una corrente che vada nello stesso senso; mentre si scuote fortemente se la corrente cambi direzione, cioè di diretta passi ad essere inversa o per contrario. Si vede dunque che le correnti continue inducono negli organi degli animali due stati diversi dal loro stato naturale, che si possono appellare stato di alterazione diretta quello prodotto dalla corrente diretta, e stato di alterazione inversa quello prodotto dalla corrente inversa. Affinchè la scossa abbia luogo è dunque necessario passi dall'uno all'altro di questi tre stati, e di più che il passaggio si faccia rapidamente. La durata dell'alterazione diretta o inversa è tanto maggiore quanto più forte è stata la corrente e più prolungata la sua azione. Negli animali vivi le alterazioni sono meno durevoli che nei morti; per lo più qualche minuto di riposo basta perchè l'animale vivo torni allo stato naturale, senza che sia necessario sottoporlo alla azione di una corrente contraria

339. Se invece di una corrente continua operi sull'animale una corrente più o meno ra-

pidamente interrotta per mezzo di una ruota dentata o altro rootomo, i suoi muscoli acquistano spesso una rigidezza spasmodica, che puo' di leggeri degenerare in un vero tetano. Cio' accade specialmente colle forti correnti d'induzione che sono accelerate dall'estracorrente. Allorche' s'impugnano i roofori di una buona macchina d'induzione elettromagnetica o magnetoelettrica, i muscoli delle mani soffrono delle contrazioni si violente da non essere piu possibile di lasciare i roofori che si erano impugnati per trasmettere la corrente attraverso il corpo. Il dolore diviene allora oltremodo intenso, le braccia si contorcono e se presto non si sospenda l'esperienza possono succedere de'gravi inconvenienti. Non ci vuole molto tempo per uccidere cosi' un animale anche assai grosso e vigoroso, ed il suo cadavere resta irrigidito come appena lo sarebbe alcuni giorni dopo una morte naturale. Che se la freqnenza con cui si succedono le correnti cresca oltre ad un certo limite, le contrazioni da prima diminuiscono e quindi cessano del tutto. Questo limite non e' lo stesso nei diversi individui e varia eziandio colla forza della corrente. In generale pero' se la freqnenza con cui si succedono le correnti sia tale da farle equivalere ad una corrente continua, le scosse piú non si sentono, come non si sentono colle correnti che non sono interrotte.

E' certo che l'elettrico esercita qualche influsso anche sulle funzioni de vegetabili; ma questo

influsso ; per lo più non è che indiretto, e piuttosto che all'azione fisiologica deve attribuirsi all'azione calorifica o chimica delle correnti elettriche. Del resto le cognizioni che finora si hanno riguardo all'azione dell'elettrica sui vegetabili sono molto limitate e di quasi nessuno interesse.

Capo IV.

Delle sorgenti dell' elettricità

LE sorgenti dell' elettricità, ossia i mezzi che si conoscono atti ad eccitare nei corpi l' elettrico, sono l' azione del calorico, le operazioni meccaniche e l' affinità chimica. A queste sorgenti generali di elettricità se ne vuole aggiungere un' altra particolare degli animali, che perciò dicesi elettricità animale, quantunque non sia dimostrato che nel corpo degli animali l' elettricità si produca in un modo speciale, cioè diverso da tutti quelli pei quali si desta negli esseri inorganici.

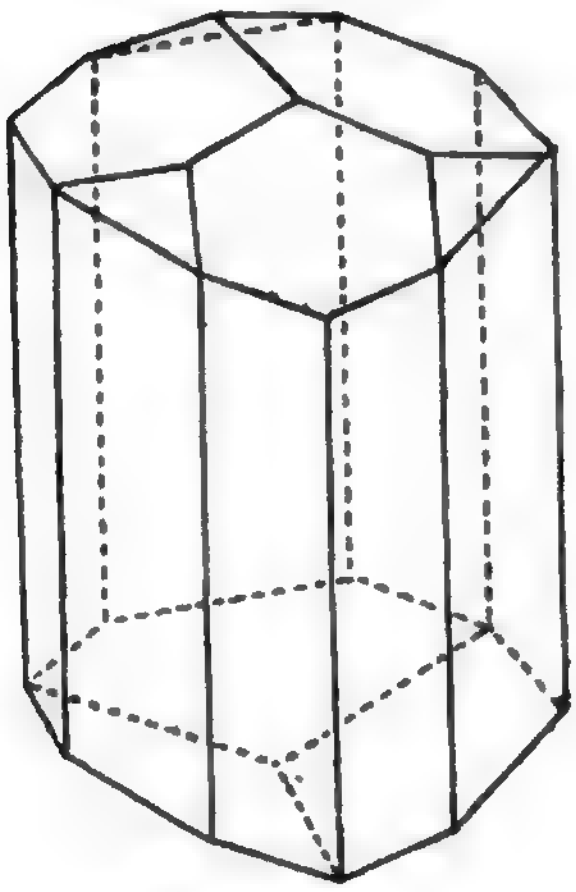
Articolo 1.

Dell' elettricità prodotta per l' azione del calorico.

340. Il calorico basta da se solo a destare

nei corpi l'elettricità. Questo fatto fu la prima volta osservato nei cristalli di tormalina, che dopo essere stati al fuoco o nell'acqua bollente mostrano a una delle due estremità elettricità positiva e negativa all'altra. Di poi si è trovata la stessa virtù nei topazi del Brasile, nelle ascianiti, nelle boraciti, nel quarzo, in alcuni cristalli artificiali, come in quelli di zucchero, di acido racemico, ed in molte altre sostanze che perciò si chiamano piroelettriche.

Tutte le sostanze piroelettriche fin qui conosciute hanno struttura cristallina, ed inoltre la loro forma cristallografica si allontana dalla legge di simmetria tanto nel numero che nella posizione delle facce polari, come si vede nell'annessa figura che rappresenta la tormalina da Haüy detta isogona.



S'inferisce da ciò che i fenomeni piroelettrici sono connessi colla costituzione molecolare dei corpi; tanto più che la proprietà di elettrizzarsi per il calorico appartiene alle singole molecule dei cristalli; poichè se rompasi uno di tali cristalli mentre è elettrizzato, i frammenti si trovano dotati di polari-

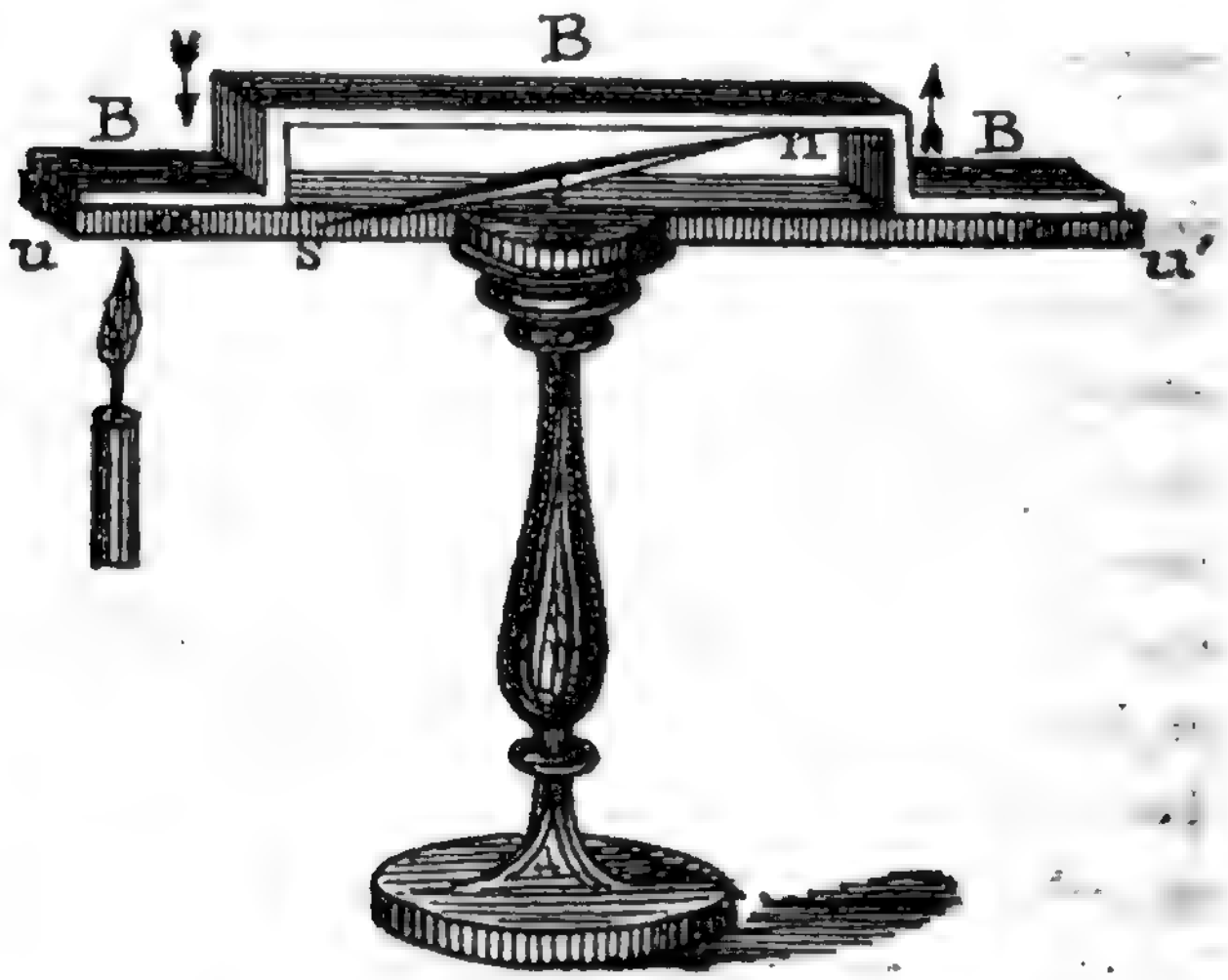
tà elettrica come il cristallo intero.

I fenomeni piroelettrici non si manifestano finchè la temperatura del cristallo, o alta o bassa che ella sia, si mantiene costante, ma solamente nell'attuale scaldarsi o raffreddarsi del cristallo. Quella estremità o polo che nello scaldarsi del cristallo prende l'elettricità positiva, nel raffreddarsi prende la negativa e per converso. Riguardo poi alle tensioni elettriche, queste sono diverse nei diversi cristalli, ma le quantità relative di elettricità positiva e negativa che si sviluppano sono sempre fra loro proporzionali. Questo ultimo fatto si dimostra immergendo la tormalina o altro cristallo piroelettrico in un vaso metallico isolato pieno di acqua calda. Il vaso non dà il menomo segno di elettricità, dunque le due elettricità che acquista il cristallo si neutralizzano mutuamente, eppero' sono fra loro proporzionali.

341. Dalle cose dette si fa manifesto che le sostanze piroelettriche debbono essere isolanti, altrimenti le due elettricità non si potrebbero in esse mantenere allo stato di tensione. Ma il calorico è congenito di elettrico anche nei buoni conduttori, specialmente metallici; e le correnti che vi destia si dicono **termoelettriche**, solo per indicare la loro origine; perchè del resto queste correnti hanno le medesime proprietà e producono i medesimi effetti delle correnti voltaiche di debole tensione.

Per ottenere una corrente termoelettrica sono

necessarie due condizioni. La prima e' che il circuito metallico non sia del tutto omogeneo, e la seconda che le diverse parti del circuito non sieno tutte col equilibrio di temperatura.



Preso p. e. un rettangolo in cui i tre lati B, B, B sieno di bismuto ed il quarto a di antimonio, se si accosti la fiamma di una candela al punto u ove si uniscono i due metalli, tosto si veggono nell'ago calamitato ns i segni di una corrente che nella parte più calda va dal bismuto all'antimonio, e per conseguenza nella meno calda dall'antimonio al bismuto. La direzione della corrente si rovescia se invece si scaldi il punto u', o, ciò che torna lo stesso, se il punto u si raffreddi al di sotto della temperatura di u'.

Simili correnti si destano per l'azione del calorico in tutti i circuiti non perfettamente omogenei. Diciamo non perfettamente omogenei perchè le correnti termoelettriche si manifestano anche nei circuiti formati di parti della stessa natura e solo diverse nella struttura o disposizione delle molecule. Così p. e. si destano delle deboli correnti termoelettriche in un circuito composto di due sbarre d'acciaio, una dolce e l'altra temperata. Si dica lo stesso di tutti i circuiti formati di un solo metallo, sempreché questo ha una struttura cristallina ben decisa. Scaldando alla fiamma di una lucerna uno de' capi del filo di rame di un moltiplicatore, se si tocchi con questo velocemente l'altro capo non riscaldato, l'ago indica una corrente che va dalla parte più calda alla meno calda. In tal caso l'eterogeneità è prodotta dall'azione stessa del calorico. Il moltiplicatore destinato a questa e simili sperienze termoelettriche conviene che abbia un filo più grosso e meno lungo di quelli destinati alle correnti voltaiche, e ciò a motivo della debole tensione delle correnti termoelettriche.

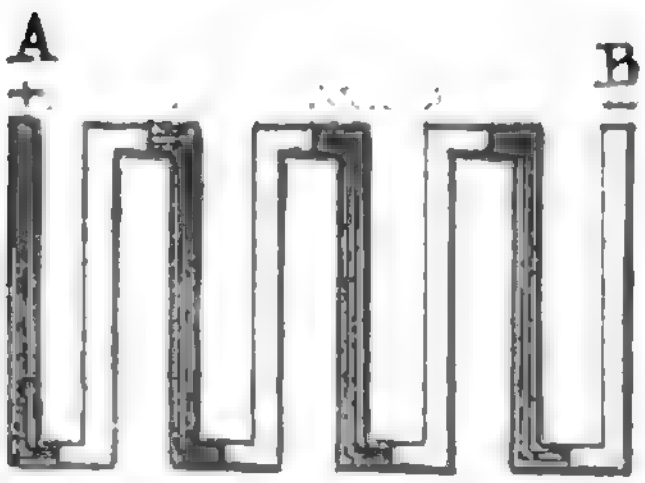
Quanto al potere termoelettrico cioè alla virtù di destare una corrente che dalla parte più calda vada alla meno calda, i metalli più comuni si possono disporre così

Bismuto
Platino

Piombo
Stagno
Rame
Oro
Argento
Zinco
Ferro
Antimonio

ciascuno de' quali è positivo con tutti quelli che lo precedono, e negativo con tutti quelli che lo seguono.

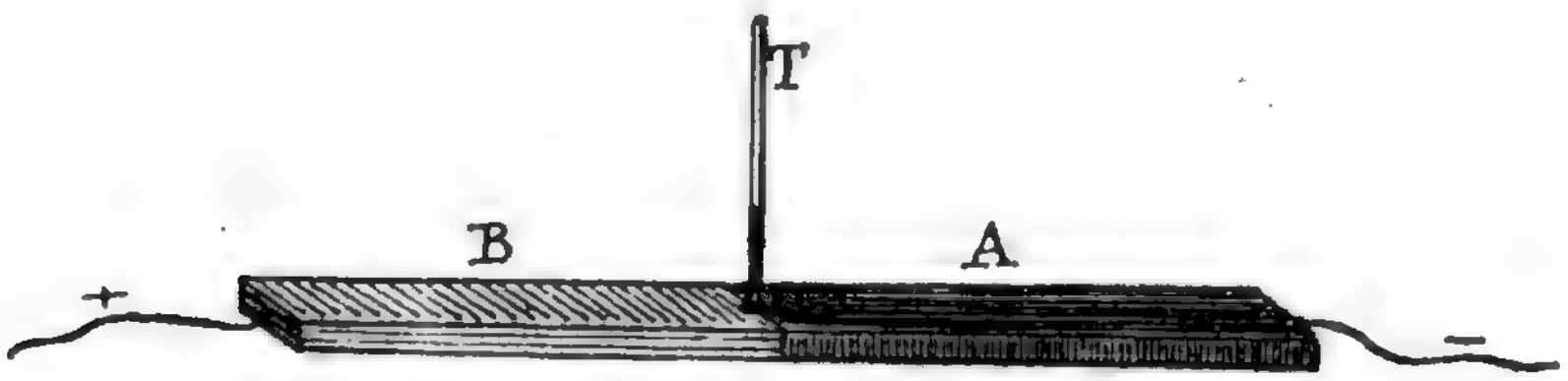
349. Due sbarre eterogenee, che per lo più sogliono essere l'una di bismuto e l'altra di antimonio, saldate assieme diconsi coppia o elemento termoelettrico. Parecchi di tali elementi uniti in guisa che cospirino a produrre delle correnti tutte dirette nello stesso senso costituiscono una pila termoelettrica. Le pile termoelettriche considerate come sorgenti di elettricità sono quasi di nessun uso, ma riescono poi utilissime per apprezzare le più piccole variazioni di temperatura, variazioni che sono proporzionali alle correnti che destano. Fra le diverse pile a tal uopo inventate la più pregevole è quella di Melloni, composta di sottilissime asticelle di bismuto e di antimonio saldate assieme di maniera che i due me-



talli si vadano alternando, come si vede nella figura.

Con 25 o 30 di tali elementi si forma un fascetto prismatico, le cui due ultime asticelle che restano libere una di antimonio A, e l'altra di bismuto B si fanno comunicare coi due capi del filo di un moltiplicatore. L'apparato che ne risulta si chiama termomoltiplicatore, ed è il più delicato termoscopio che posseggа la Fisica. Per dare un'idea della squisita sensibilità di quest'apparato basta dire che per suo mezzo si è potuto scoprire la presenza del calorico nelle radiazioni lunari e de' corpi fosforescenti, come pure disuguale distribuzione del calorico nelle diverse parti della superficie del Sole. Un buon termomoltiplicatore si deve risentire per una variazione di temperatura minore di $\frac{1}{1000}$ di grado centigrado.

343. Le coppie termoelettriche ci offrono un fenomeno di molta importanza osservato la prima



volta da M. Peltier. Se una debole corrente elettrica si fa passare per una sbarra composta di due prismi, uno A d'antimonio e l'altro B di Bismuto, saldati assieme per le basi, un termometro T collo-

cato nel luogo della saldatura indica abbassamento di temperatura se la corrente va dal bismuto all' antimonio, ed innalzamento se dall' antimonio al bismuto. Il freddo prodotto nel primo caso può esser sufficiente ad aggelare dell'acqua posta nel foro praticato nel luogo della saldatura. Questo sorprendente fenomeno è un caso particolare d'un fatto più generale, cioè della variazione di temperatura che determina il passaggio di una corrente elettrica nel punto di contatto di due conduttori eterogenei. Generalmente parlando una corrente elettrica nel passare pel punto di contatto di due conduttori eterogenei vi desta maggior calorico se va in una piuttosto che nell' altra direzione, e la differenza può in certi casi divenir tale da risultarne un abbassamento di temperatura invece di un innalzamento. Tali variazioni di temperatura diconsi **secondarie** per distinguerle dal riscaldamento che ha luogo in tutte le altre parti del circuito. Nelle variazioni secondarie di temperatura si osservano le leggi seguenti:

1° „ L' abbassamento di temperatura nel punto di contatto di due conduttori allora solamente si manifesta quando la corrente esteriore non è troppo forte „. Crescendo gradatamente la forza della corrente da prima cessa l'abbassamento di temperatura e poi si ottiene invece l'innalzamento; ma questo è sempre minore di quello che si ottiene rovesciando la direzione della corrente.

2°. „ La direzione della corrente che produce
„ il raffreddamento nella saldatura di due me-
„ talli eterogenei è contraria alla direzione del
„ la corrente termoelettrica che si desta pel raf-
„ freddamento della saldatura medesima . „ Ciò
si vede nella coppia bismuto ed antimonio in cui
la corrente produce freddo quando va dal bismu
to all'antimonio, laddove la corrente termoelet-
trica prodotta dal raffreddamento della saldatura
va nel senso contrario, cioè dall'antimonio al
bismuto. Questa opposizione sembra indicare che
la corrente elettrica desta nella saldatura di due
metalli eterogenei un movimento molecolare con
trario a quello che vi desta il calorico.

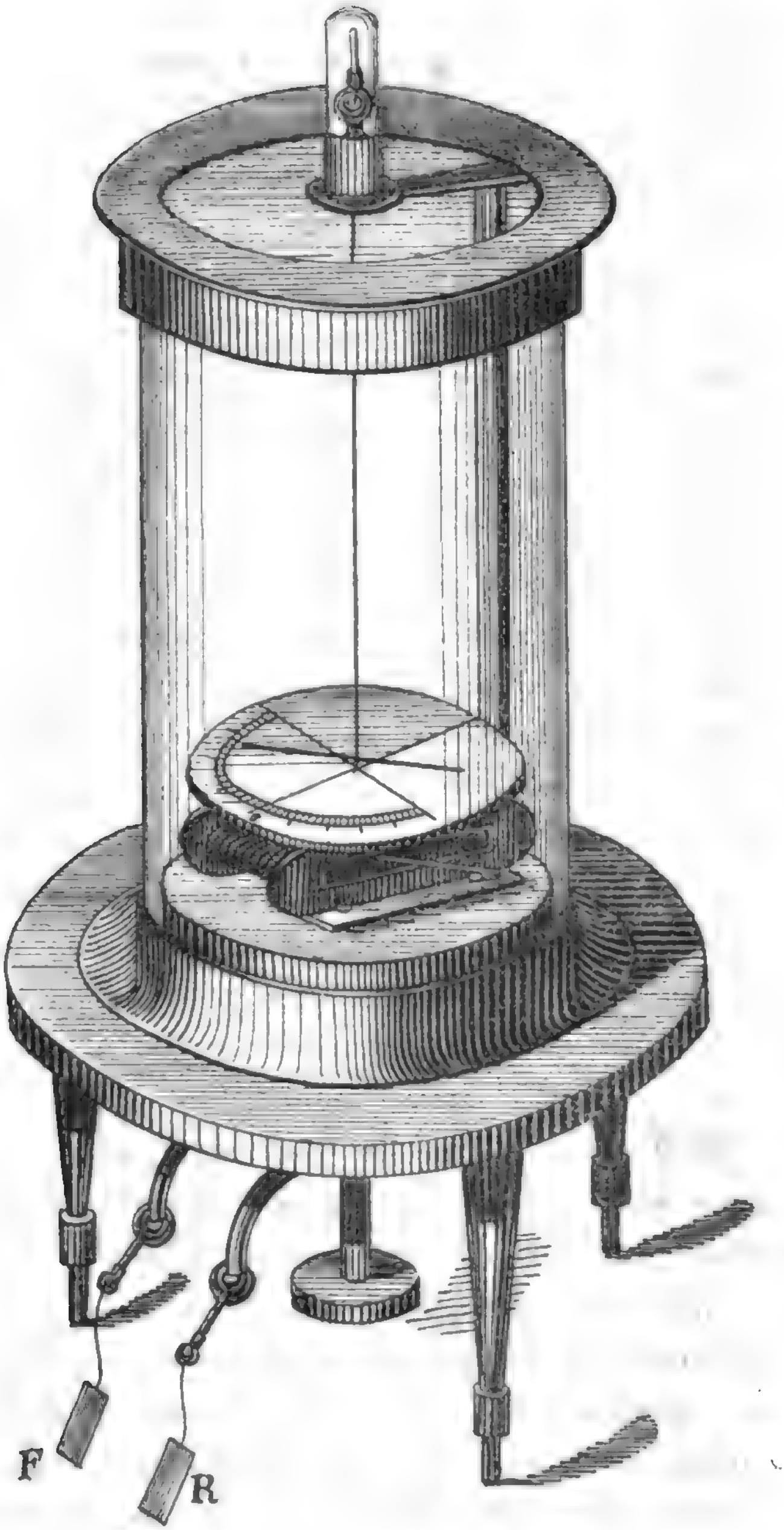
3°. „ A parità di altre circostanze, il fred
„ do che una corrente esteriore produce nel pun
„ to di contatto di due metalli eterogenei è
„ proporzionale alla facoltà termoelettrica di quei
„ metalli . „ Così p. e. si osserva un maggio-
re abbassamento di temperatura se la corrente
va dallo stagno al ferro che dal rame al fer-
ro o dallo zinco al ferro. Ed è appunto per
questa ragione che il bismuto associato all'anti-
monio produce il massimo raffreddamento.

=

Articolo 2.°

Dell' elettricità
prodotta per le azioni meccaniche

344. *L'attrito è stata la prima e per molto tempo anche l'unica sorgente di elettricità conosciuta, ed abbiamo già veduto (228) che tutti i solidi si elettrizzano per attrito, sebbene i buoni conduttori non diano i segni elettrici se non quando sono isolati. Nel caso però che ambedue i corpi che si stropicciano assieme sieno buoni conduttori, per avere i segni elettrici non basta isolarli, poichè la separazione dell'uno dall'altro non è mai tanto pronta da impedire la neutralizzazione delle due opposte elettricità; onde si vede che l'attrito fra i buoni conduttori non può essere sorgente di elettricità statica o di tensione. A provare dunque che l'attrito anche fra i buoni conduttori è sorgente di elettricità, conviene ricorrere ai mezzi che abbiamo per conoscere la presenza dell'elettricità dinamica. Preso per ciò un moltiplicatore, a ciascuno dei due capi del filo, che deve essere assai corto si saldano due appendici metalliche p. e. una laminetta di ferro* F *ad un capo ed una laminetta di rame* R *all'altro ca-*


F
R

po. Se una di queste lamine si sovrapponga al l'altra, senza toccarle con le mani, non si ha deviazione alcuna nell'ago del moltiplicatore, ma se una di queste lamine si fa scorrere celeremente sull'altra, la deviazione dell'ago annunzia tosto una corrente che va dal rame al ferro per il filo del moltiplicatore, e da questo a quello attraverso i loro punti di contatto. Che questa corrente non sia destata dal calorico eccitato dall'attrito è cosa manifesta, mentre si sa che la direzione di una corrente termoelettrica si rovescia sempreché il metallo che era più caldo diventa il meno caldo o viceversa. Ora nella nostra esperienza sia che gli stessi punti della lamina di ferro si facciano scorrere successivamente su tutta la superficie del rame, sia che gli stessi punti della lamina di rame si facciano scorrere su tutta la superficie del ferro, la direzione della corrente non si rovescia, sebbene il metallo che più si scalda nel primo caso è il ferro e nel secondo è il rame; dunque l'attrito è sorgente di elettrico anche fra due buoni conduttori.

345. La specie di elettricità che prende il corpo stropicciato, come si disse (232), non dipende unicamente dalla sua natura e da quella del corpo stropicciante. Sono moltissime le circostanze che influiscono su questo fenomeno, ma sembra che tutte si possano ridurre al seguente principio: „ di due corpi che si stro„ picciano assieme quello le cui molecole sof-

„ frono minore dilatazione o meno si allontanano
„ dalla loro posizione di equilibrio è più disposto
„ ad elettrizzarsi positivamente; e quello le cui mo-
„ lecole soffrono maggiore dilatazione o più s' al-
„ lontanano dalla loro posizione di equilibrio, è più
„ disposto ad elettrizzarsi negativamente. „ Ammesso questo principio, facilmente s'intende perchè la scabrezza della superficie ed il calorico aumentino nei corpi la tendenza ad assumere l'elettricità negativa; e perchè quando si stropicciano assieme due corpi o della medesima natura o poco fra loro diversi, quello si elettrizzi negativamente il quale con una stessa porzione della sua superficie scorre sulle diverse parti della superficie dell'altro.

346. Ma lo stropicciamento non è la sola operazione meccanica per cui mezzo si sviluppa l'elettrico. Percuotendo, comprimendo, dividendo, limando, raschiando de' corpi spesso si hanno vivi segni di elettricità. Quando si sfoglia una lamina di mica, di solfato di calce o di altra sostanza stratiforme, apparisce nell' oscurità un bagliore simile a debole fosforescenza, e le parti separate si trovano cariche di elettricità contrarie. Anche il solo ristabilirsi delle parti che accade nei corpi elastici, allorchè cessa di agire la forza che ne aveva alterata la figura, basta a destare l'elettrico. In una parola si può tener come un principio rigorosamente dimostrato dall' esperienza, che „ non solo l'attrito, ma tutte

» le azioni meccaniche che turbano l'equilibrio
» molecolare, rimuovendo le molecule de' corpi so-
» lidi dalle loro posizioni relative, sono sorgenti
» di elettricità; » elettricità che si rende più o meno sensibile secondo la diversa natura e circostanze de' corpi che vengono sottoposti a questa azioni.

347. *I tentativi fatti per ottenere de' segni elettrici mediante l'attrito de' liquidi coi corpi solidi sono stati per molto tempo infruttuosi, salvo il caso che il liquido fosse il mercurio, in cui l'attitudine ad elettrizzarsi per attrito è tale che basta agitare nel buio un barometro, perchè la parte vuota del tubo si mostri illuminata da debole bagliore elettrico. Immergendo nel mercurio carta, feltro, barbe di penne ed altre sostanze specialmente di origine organica, nell'estrarle si possono anche ottenere delle scintille; e se il mercurio per mezzo di un filo metallico si faccia comunicare col cappello di un elettroscopio, appena la sostanza immersa comincia ad estrarsi dal mercurio tosto appariscono i segni elettrici, che vanno crescendo in intensità a misura che cresce la porzione estratta, ed arrivano al loro massimo quando cessa il contatto fra il mercurio ed il corpo immerso.*

Più recentemente si è trovato che oltre il mercurio molti altri liquidi si possono elettrizzare per attrito, ma però è necessario che sieno ridotti a uno stato di gran divisione. Co-

si l'etere, l'alcool e le resine liquide sparpagliate e proiettate con impeto contro il vetro lo rendono fortemente elettrizzato. Grande poi oltremodo è lo sviluppo di elettrico che si ottiene per l'attrito dell'acqua divisa in minutissime goccioline, e su questo fatto sono fondate le macchine idroelettriche (236). L'acqua perfettamente pura per attrito prende sempre l'elettricità positiva; ma mescolata anche a piccolissima quantità di una sostanza oleosa o resinosa spesso prende la negativa. Che se la sostanza che si mescola all'acqua sia un sale, un acido o altra sostanza che la renda meglio conducente, ogni sviluppo di elettrico resta impedito o almeno di molto diminuito. Ed è per questo motivo che le caldaie delle macchine idroelettriche debbono essere alimentate con acqua molto pura.

348. Anche l'aria atmosferica e gli altri fluidi aerei quando sono discretamente secchi eppero' poco conduttori, sembra che talora si elettrizzino per attrito. Un fazzoletto di seta agitato nell'aria secca mostra segni non dubbi di elettricità. Il vetro, l'ambra, la cera, le resine ed in generale i solidi isolanti si elettrizzano allorche' vi si spinge contro con impeto l'aria mediante un mantice da fornace. Anzi l'aria stessa fortemente compressa nello schioppo pneumatico od altra macchina di compressione, all'uscirne si mostra talora

elettrizzata. Ma si può dubitare se in questi ca si l'elettrico si desti pel solo attrito dell'aria, od in altri termini si può dubitare se i fluidi aeri si elettrizzino per attrito, allorche non contengono la menoma traccia d'acqua o d'altro liquido o solido estremamente diviso. Il certo è che nelle macchine idroelettriche non v'ha sviluppo sensibile di elettricità fino a tanto che esce il solo vapore a stato elastico, come non v'ha sensibile sviluppo di elettrico in una massa d'aria che impetuosamente si fa uscire da una macchina di compressione, se la corrente aerea non strascina seco qualche solido finamente polverizzato, o de' globetti d'acqua prodotti dal repentino raffreddamento del vapore contenuto nella massa aerea.

Articolo 3.°

Dell' elettricità prodotta dall' affinità chimica

349. „ La semplice tendenza di due corpi a combinarsi, benchè la combinazione non „ si faccia, può essere sorgente di elettrico. „

Se due conduttori eterogenei e dotati di mutua affinità, come p. e. rame e zinco, si pongano a contatto, spesso accade che ambedue si mostrino elettrizzati, il rame negativamente ed il zinco positivamente. Tale sviluppo di elettrico pel sola fatto del toccamento non manifestandosi che tra i corpi dotati di qualche affinità, sembra potersi attribuire all'attrazione molecolare eterogenea, vale a dire alla tendenza che hanno que' corpi ad unirsi.

L'elettricità destata pel solo fatto del toccamento fu detta elettricità di contatto, o meglio elettricità che si desta ad occasione del contatto, poiche il contatto non puo' esser causa di una forza, ma solo condizione necessaria alla sua manifestazione.

E' noto che il Volta partendo dal principio che „ si desta elettricità ad occasione del „ contatto di due conduttori eterogenei (1), „

---

(1) Molti fisici moderni non ammettono che pel solo fatto del toccamento si desti l'elettricità Ed in vero se consultiamo la sola sperienza, non e' forse possibile il decidere con certezza se l'elettricità che si sviluppa ad occasione del contatto sia o no dovuta a qualche azione o meccanica o calorifica o chimica in stretto senso, cioè accompagnata da mutazione di sostanze; tanto piu che l'elettricità che si desta ad occasione del contatto, quando meno si puo' presumere

pervenne alla celebre scoperta della pila. Ma conviene por mente che l'esquilibrio elettrico prodotto ad occasione del contatto fra conduttori non è che istantaneo e per conseguenza non può produrre una corrente continua, a meno che il contatto non si rinnovi incessantemente. Questo incessante rinnovamento di contatto fra molecule eterogenee è prodotto dall'azione chimica, che fra tutte le sorgenti di elettrico è la più copiosa ed insieme quella che mantiene la corrente nell'elettromotore voltiano.

350. Cominciando dall'azione chimica che si esercita fra i solidi ed i liquidi, se due lamine metalliche saldate ai due capi di un galvanometro s'immergano, senza che si tocchino, in un vasello contenente dell'acqua acidulata; la deviazione dell'ago annunzia tosto una corrente continua. L'unica condizione necessaria

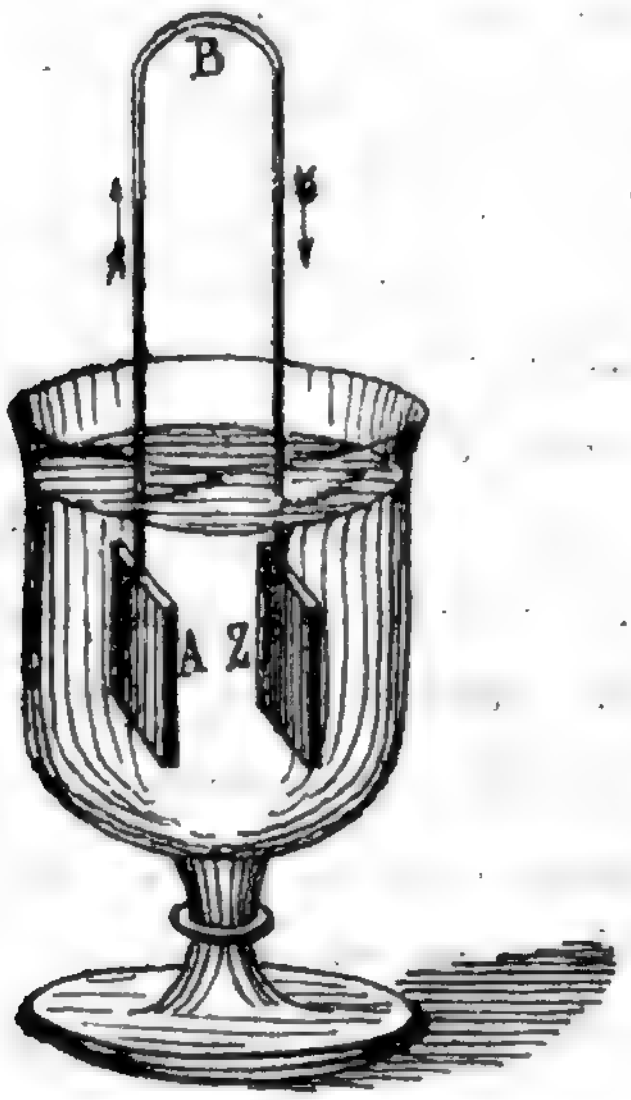
---

la presenza di un'altra sorgente di elettrico, è tanto debole che a percepirla fa mestieri ricorrere al condensatore. Se però si rifletta che l'affinità sempre che produce la sintesi è accompagnata da sviluppo di elettrico, non sarà difficile il persuadersi, che un simile sviluppo di elettrico possa aver luogo anche nel caso che l'affinità non è sufficiente a vincere la coesione e produrre la sintesi, purchè le due sostanze sieno a contatto cioè nelle circostanze opportune per sentire la mutua affinità.

allo sviluppo della corrente è che una delle lamine metalliche immerse nel liquido sia da esso attaccata, e se lo sono ambedue non lo sieno per ugual modo. La direzione poi della corrente attraverso il liquido è sempre determinata dal metallo che soffre maggiore azione, onde segue che „ durante l'azione chimica „ di un liquido sopra un solido, il liquido si „ carica di elettricità positiva ed il solido di ne „ gativa. „ Ne deve far meraviglia che non si abbiano segni elettrici quando s'immerga nella acqua acidula un solo metallo p. e. il zinco, poi che allora l'equilibrio elettrico si ristabilisce immediatamente fra il metallo ed il liquido ambedue buoni conduttori, sebbene anche in questo caso una piccola quantità di elettrico che sfugge per il metallo si può render sensibile al condensatore. Ma la maniera più semplice di render sensibile l'elettricità che accompagna l'azione chimica di un liquido su di un metallo, consiste nel far evaporare il liquido nell'atto stesso che produce l'azione chimica. Scaldata fortemente una lamina di un metallo ossidabile, vi si versi sopra un poco di acqua o pura od acidulata. L'elettricità positiva è portata via dal vapore che si forma ed il metallo resta carico di elettricità negativa ed ossidato. Che poi questa elettricità sia veramente dovuta all'azione chimica e non all'evaporazione, come dicevano gli antichi elettricisti, ce lo mo-

stra il fatto che se la lamina sia di platino o di altro metallo non ossidabile, lo sviluppo dell'elettricità non ha più luogo.

351. Dopo ciò è facile intendere la causa del continuo sviluppo di elettrico che produce una coppia voltaica. Sia per esempio la coppia composta d'argento e zinco immersi nell'acqua acidula e congiunti assieme mediante un arco metallico ABZ. Una gran parte dell'elettricità positiva di cui si carica il liquido, comunicandosi all'argento A, va per l'arco metallico a neutralizzare la negativa del zinco Z; donde nasce una corrente che, attraverso l'arco metallico, è diretta dall'argento verso il zinco e che durerà finchè questo non cessa di ossidarsi. Se all'argento si sostituisca un altro metallo anche esso ossidabile, la corrente che si manifesta nell'arco conduttore sarà la differenza delle due correnti contrarie che si generano in seno al liquido. Quindi è che la coppia argento e zinco immersa nell'acqua acidula produce una corrente più forte della coppia rame e zinco, e questa più forte ancora della coppia ferro e zinco.



Si vede dunque che „ l'azione chimica è la causa „ che mantiene lo sviluppo e determina l'azione „ della corrente nell' elettromotore voltiano (1) . „ A conferma di questa conclusione aggiungiamo i due fatti seguenti.

Per quanto un liquido sia buon conduttore, se non agisce chimicamente nè sull'uno nè sull'altro de' due corpi che formano la coppia voltaica, non v'è corrente elettrica. Così p. e. le coppie ferro e platino, platino ed oro, platino e palladio immerse in una soluzione di solfuro di potassio non danno corrente, sebbene il solfuro di potassio sia uno dei liquidi che meglio conduce l'elettrico, ed in cui

---

(1). Quando diciamo che l'azione chimica mantiene la corrente nell'elettromotore voltiano, intendiamo solamente di significare che gli elementi del liquido scomposto somministrano ai due corpi formanti la coppia la elettricità, che incessantemente neutralizzandosi costituiscono la corrente. Ma la prima cagione dell'equilibrio elettrico non diciamo che sia l'azione chimica, la quale, come è notissimo, non precede ma solamente accompagna lo sviluppo della corrente. Si sa difatto che se il zinco immerso nell'acqua acidula è purissimo od amalgamato, l'azione chimica non ha luogo se non dopo formata la coppia, cioè se non dopo stabilito il contatto fra il zinco e l'altro metallo meno ossidabile che pesca nello stesso liquido. La prima cagione dell'equilibrio elettrico in una coppia voltaica sembra doversi collocare nella tendenza

le coppie ferro e rame, ferro ed argento produco no delle ben forti correnti, a motivo dell' azione chimica che il solfuro di potassio ha sul rame e sull' argento. Similmente la coppia oro e platino non dà corrente quando è immersa nell' acido nitrico perfettamente puro; ma se all' acido nitrico si aggiunga qualche goccia di acido cloridrico, subito si desta una corrente che attraverso il liquido è diretta dall' oro al platino. L'unica differenza fra questi due casi è che nel primo non v'è azione chimica ne' sull'oro ne' sul platino; laddove nel secondo l'oro è attaccato e non il platino, o questo lo è meno di quello.

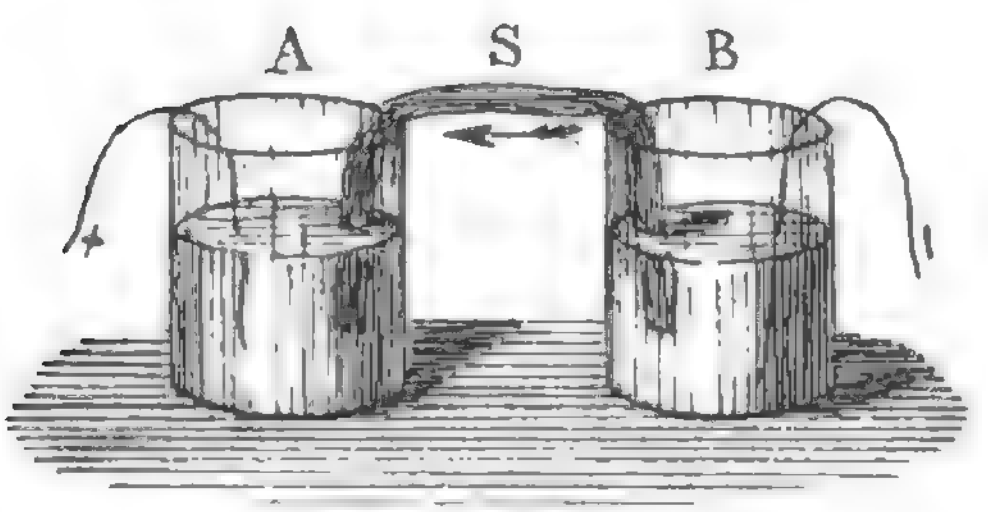
Di più, rimanendo la stessa coppia voltaica, la direzione della corrente si rovescia quando al liquido che attacca più l'uno de' metalli che l'altro si sostituisce un liquido che attacca il secondo più del primo. Fra i molti esempi che abbiamo di tale inversione citeremo solamente quello che avviene alla coppia rame ed antimonio; la quale immersa nell' acido nitrico concentrato dà una corrente che attraverso il liquido va dal rame all' antimonio, mentre immersa nello stes-

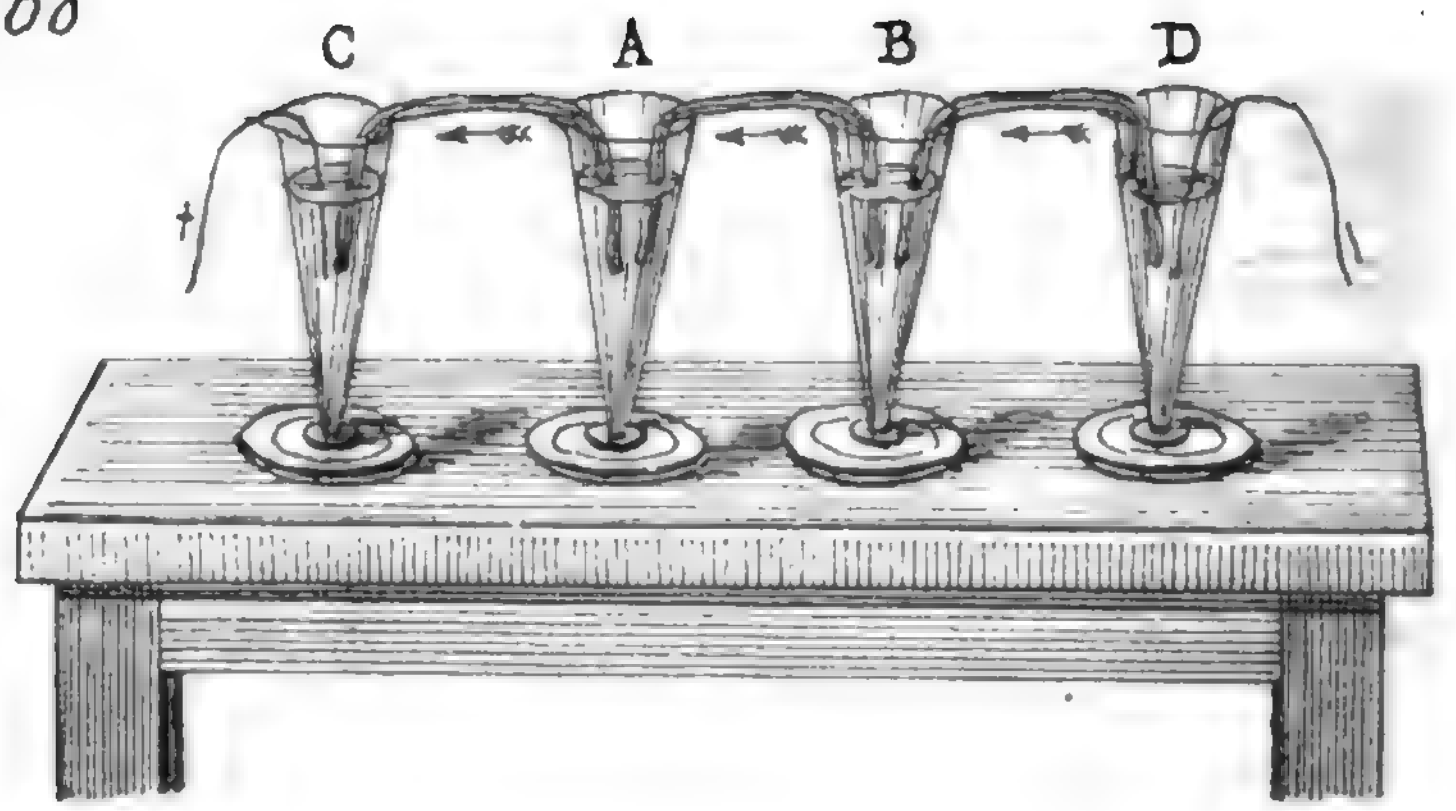
---

che hanno a combinarsi fra loro i diversi corpi del circuito. Secondo questo modo di vedere la teoria del contatto, che presentemente da molti si vuole eliminata, sarebbe in fondo la più vera.

so acido allungato va dall'antimonio al rame.

352. Anche l'azione chimica di un liquido su di un'altro liquido è accompagnata da sviluppo di elettrico. Per dimostrarlo si fissano ai due capi di un galvanometro due laminette di platino. Una di queste lamine s'immerge in un vaso A pieno di acido nitrico, e l'altra in un vaso B pieno di una soluzione di potassa. Stabilita la comunicazione fra i due liquidi per mezzo di uno stoppino S di cotone o meglio d'amianto immettato con acqua leggermente acidulata o salata, si manifesta una corrente che va dalla potassa all'acido attraverso lo stoppino e per conseguenza dalla lamina immersa nell'acido a quella immersa nell'alcali pel galvanometro. Ne' questa corrente si puo' attribuire al contatto del platino da una parte coll'acido e dall'altra coll'alcali; poiche' la corrente non cessa ne' cambia direzione, se le due lamine s'immergano in due vasetti ambedue ripieni di una medesima soluzione di nitrato di potassa e comunicanti coi due vasi A e B (V. fig. alla pag. seg.) per mezzo di stoppini d'amianto. Solamente in questo caso diminuisce l'intensità della corrente a motivo dell'aumentata resistenza.



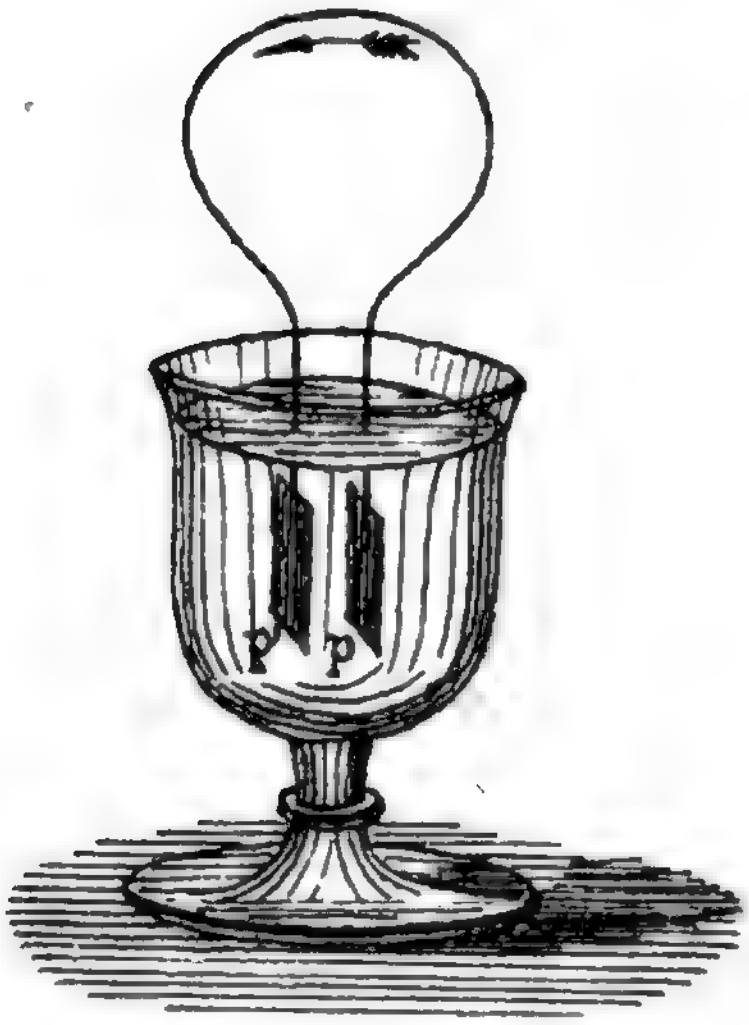


Ecco l'ordine secondo cui si possono collocare diversi liquidi conduttori di maniera che ciascuno sia negativo con quelli che lo seguono e positivo con quelli che lo precedono.

Acido solforico
Acido nitrico
Acido cloroidrico
Acido acetico
Acido nitroso
Soluzioni saline
Soluzioni alcaline .

353. Quanto allo sviluppo di elettricità che accompagna l'azione chimica dei gas sui liquidi, basterà indicare la curiosa proprietà di produrre una corrente elettrica che acquistano due lamine di platino una delle quali p sia stata per qualche tempo a contatto dell'idrogene, e l'altra p' dell'ossigene; o, ciò che torna lo stes-

so, che abbiano servito quella da elettrodo negativo e questa da elettrodo positivo nella decomposizione dell' acqua per la corrente. Se queste due lamine congiunte assieme mediante un filo di platino si immergano in un vaso contenente dell' acqua acidula o salata, questa si decompone e dà origine ad una corrente di più o meno breve durata che attraverso il



liquido va da p' verso p. Sperienze dirette hanno mostrato che alla lamina di platino p che é stata a contatto dell' idrogene o ha servito da elettrodo negativo rimane aderente uno stratarello d' idrogene, ed uno stratarello di ossigene rimane aderente alla lamina p' che e' stata a contatto dell' ossigene, od ha servito da elettrodo positivo; ed inoltre che la corrente elettrica che destano queste lamine quando s' immergono nell' acqua é dovuta all' azione che l' idrogene e l' ossigene in presenza del platino esercitano sull' acqua medesima. Questa proprietà di destare una corrente elettrica che acquistano le lamine o i fili di platino chiamasi polarità secondaria; la lamina che fa da elettrodo positivo dicesi po

larizzata positivamente, e negativamente quella che fa da elettrodo negativo. La proprietà di acquistare la polarità secondaria non appartiene solamente al platino, ma anche all'oro, all'argento, al rame, ed in generale a tutti i conduttori che possono fare da elemento inattivo (1) nelle coppie voltaiche.

A destare una corrente elettrica mediante la polarità secondaria non sono necessarî due conduttori oppostamente polarizzati: basta uno solo specialmente se sia polarizzato positivamente, cioè coperto di uno stratarello d'idrogene. Da

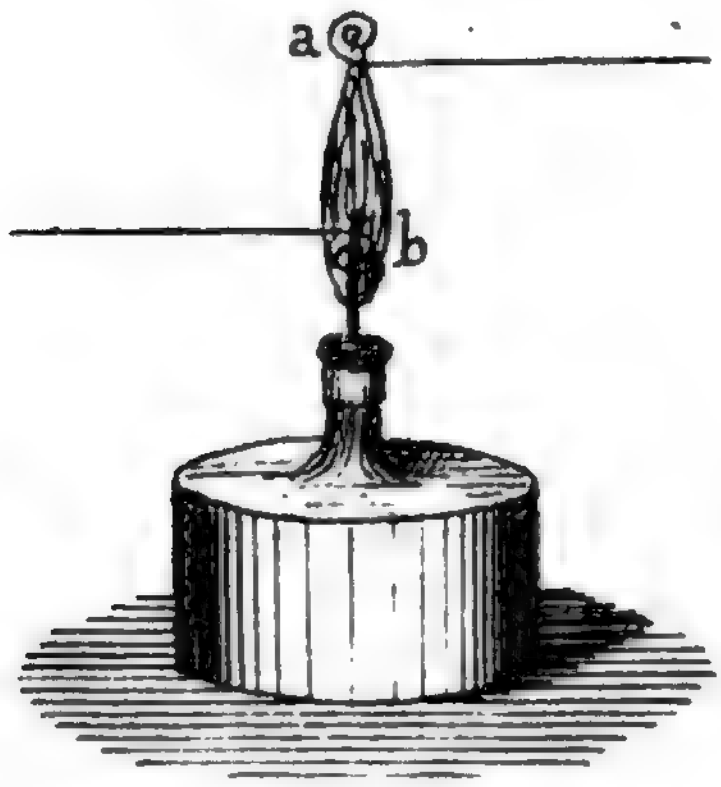
---

(1). Diciamo elemento inattivo quello che non soffre l'azione chimica, o la soffre meno dell'altro che perciò dicesi attivo. Il ferro passivo (108), che nelle azioni chimiche ed elettriche rassomiglia moltissimo al platino ed all'oro, può dirsi ferro polarizzato negativamente; dacchè ciò che rende passivo il ferro è uno stratarello superficiale di un ossido di ferro insalificabile. Questo stratarello di ossido si forma sul ferro non solamente collo immergerlo nell'acido nitrico concentrato, ma eziandio con un forte riscaldamento o col farlo servire da elettrodo positivo nell'elettrolisi dell'acqua acidulata con acido solforico. Il bismuto, il nickel ed il cobalto possono diventare passivi come il ferro, sia per effetto del calorico, sia coll'essere adoperati come elettrodi positivi nell'elettrolisi dell'acqua acidulata.

ciò nasce il pronto indebolirsi delle pile ad un so lo liquido, dopo che il loro circuito è stato chiu- so per qualche tempo. Appena infatti l'elemen to inattivo comincia a coprirsi d'idrogene, subito si desta nella pila una corrente, che, andando in senso contrario alla primitiva, deve necessaria mente illanguidirne l'energia. A diminuire que sto inconveniente da prima si trovò utile di ag giungere un poco di acido nitrico all'acqua a- cidulata col solforico, e di dare all'elemento inat tivo una superficie assai più grande che all'at tivo. Ma ciò che sopratutto giova ad impedire la polarità secondaria e per conseguenza il troppo celere affievolirsi della pila è la presenza dell'os- sigene che combinandosi all'idrogene forma l'ac - qua. Ora s'intende perchè nelle pile a forza co- stante l'elemento inattivo è circondato da un ot timo ossidante. Questo ossidante nelle pile di Bun sen e di Grove è l'acido nitrico, che cedendo una parte del suo ossigene all'idrogene, di mano in mano che si sviluppa, non gli permette di deposi- tarsi sul carbone o sul platino. Nella pila di Da niell l'ossidante è il solfato di rame, il cui ossi- do è ridotto dall'idrogene a stato nascente, di maniera che il solo rame si deposita sull'ele - mento inattivo pure di rame.

354. Per ultimo a prova dello sviluppo di elettricità che accompagna l'azione chimica dei gas sui solidi, citeremo la combustione del carbo

ne, durante la quale il carbone si carica di elettricità negativa, e di positiva l'acido carbonico che si va formando. Preso infatti un cilindretto di carbone ben secco, se dopo averlo acceso da una estremità si pone l'altra in comunicazione col piatto di un condensatore, questo si carica di elettricità negativa; e se il carbone si collochi al disotto di una lamina di platino che comunica col piatto del condensatore di maniera che l'acido carbonico ceda il suo elettrico libero al piatto medesimo, il condensatore si carica di elettricità positiva. E' credibile che tutte le altre combustioni sieno pure sorgenti di elettrico, poichè non sono che alterazioni chimiche; ma non è sempre possibile il distinguere la parte dovuta all'azione chimica da quella che devesi all'azione del calorico. Per ottenere una corrente dalla fiamma di una lucerna ad alcool, basta collocare l'estremità a di un filo di platino piegato sulla punta visibile della fiamma, mentre l'altra estremità b comunica coll'alcool o colla base della fiamma medesima. La corrente per entro la fiamma è diretta dal basso in alto, nè si rovescia



questa direzione ancorchè la spirale superiore si sollevi allontanandola dalla fiamma in guisa che abbia da scaldarsi meno di quella che e' verso la base. Tale costanza nella direzione mostra che la corrente e' ben dovuta all'azione chimica e non al calorico.

Articolo 4.

Dell' elettricità prodotta dalle azioni fisiologiche

355. Per osservare i fenomeni elettrici negli animali non sempre fa d'uopo ricorrere ad una causa estrinseca che gli elettrizzi. Si prendano due bicchieri pieni di acqua leggermente acidulata, ed in uno si pongano le gambe, nell' altro il tronco di una rana preparata alla maniera di Galvani. Chiuso il circuito con un corpo bagnato p. e. con alcuni fili di cotone inzuppati nell'acqua, la rana si contorce. Sostituendo al corpo bagnato due fili di platino comunicanti coi due capi d'un moltiplicatore, l'ago deviando mostra una corrente, che nella rana e' diretta dai piedi verso la testa, cioè dai muscoli ai nervi. Questa corrente

che non proviene da cagioni estrinseche si chia
ma la corrente propria della rana, e si osser-
vata anche in altri animali, come nelle salaman
dre, nelle lucertole, nelle tartarughe ecc. Oltre
la corrente propria della rana e di alcuni altri
animali, dalle recenti esperienze fatte sull'elet -
tricità degli animali abbiamo avuti i seguenti
risultati.

1°. Esiste tanto nei muscoli che nei nervi
di tutti gli animali una elettricità naturale
indipendentemente da tutte le azioni estrinseche.

2°. Questa elettricità si manifesta sotto for-
ma di correnti, che partendo dall'interno di cia-
scun muscolo o nervo vanno verso la superficie
esteriore del muscolo o nervo medesimo; di
maniera che il corpo di ogni animale si può
considerare come la sede di una moltitudine in-
numerevole di correntelle che hanno un circuito
parziale che è per lo più di piccolissima esten
sione.

3°. L'intensità delle correnti muscolari di-
minuisce di molto sempre che i muscoli pro-
vano qualche contrazione, nelle correnti nervo-
se la diminuzione d'intensità si manifesta nel
l'atto che i nervi trasmettono un movimento od
una sensazione.

Da questa terza legge ha avuto origine una
sperienza che sembra provare l'esistenza delle
correnti muscolari nell'uomo vivo. Immerse le
dita di ambedue le mani in due vasi pieni di

acqua salata e comunicanti coi due capi di un moltiplicatore per mezzo di due lamine di platino, quando l'ago è perfettamente quieto si contraggano fortemente i muscoli di un solo braccio, avvertendo con ciò di non produrre alcun movimento nelle dita immerse. All'istante medesimo l'ago annunzia la presenza di una corrente che dura per qualche tempo, e va pel galvanometro dal braccio rimasto in quiete al braccio che ha subita la contrazione. Variando le circostanze dell'esperienza, sembra potersi conchiudere, che la corrente accusata dal galvanometro proviene dalla diminuzione di energia che soffrono le correnti del braccio che ha subito la contrazione muscolare. Checchè sia di questa speriensa, quanto al provare l'esistenza delle correnti muscolari (1), essa certamente ci fa vedere che lo stato elettrico di un animale vivo può esser notabilmente alterato senza che perciò vi concorra alcuna causa estrinseca.

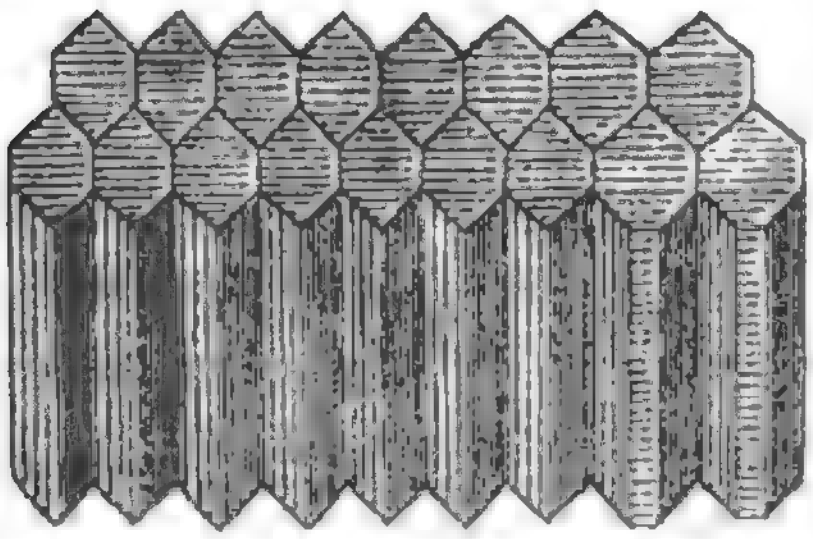
356. La difficoltà che sempre s'incontra di ottenere de' segni elettrici ben decisi dagli anima

---

(1). Le correnti muscolari e nervose direttamente si percepiscono col derivarne una porzione mediante due conduttori che si mettono a contatto di due parti del muscolo o nervo. In questo modo si sono stabilite le tre leggi di cui abbiamo data l'enunciazione.

li viventi, ha una eccezione rimarchevole in alcune specie di pesci detti elettrici conosciuti fino dai tempi più antichi per la singolare proprietà che hanno di dare scosso e produrre altri fenomeni che svegliano l'attenzione degli osservatori anche i più superficiali. I nomi de' pesci riconosciuti certamente per elettrici sono: torpedo raja, gymnotus electricus, silurus electricus, tetraodun electricus, trichiurus electricus. Fra questi solo i due primi cioè la torpedine, chiamata anche torpiglia od occhiatella, ed il ginnoto sono stati bene studiati; onde è che di questi due unicamente ci occuperemo.

La torpedine assai comune nel mediterraneo ed in altri mari di Europa, ha il corpo quasi circolare terminato da una coda corta e carnosa. Lo spazio compreso tra le branchie e le penne pettorali dall'una e dall'altra parte della testa è occupato da un apparato particolare composto di molti tubettini prismatici accollati l'uno all'altro come le cellule di un favo di mele. Questo apparato è l'organo elettrico della torpedine. Ciascuno di quei tubetti si trova formato di circa 2000 di-



frammi membranosi disposti perpendicolarmente all'asse del tubo, e separato l'uno dall'altro da una sostanza albuminoide. Il numero di questi tubi suol essere di 470 per parte, e tutti mostrano elettricità positiva nell'estremità corrispondente al dorso dell'animale, e negativa nell'altra estremità che corrisponde al ventre. L'organo elettrico della torpedine risulta dunque di circa 940 piccoli elettromotori, o, come sembra più verisimile, condensatori elettrodinamici.

Se tocchinsi ad un tempo le due estremità superiore ed inferiore dell'organo di una torpedine, si provano delle scosse tanto intense e così frequentemente ripetute, che non è possibile il sopportarle. Ma con ciò il pesce s'indebolisce, e fa d'uopo rimetterlo nell'acqua salsa e dargli un certo tempo di riposo affinchè le sue funzioni elettriche si ristabiliscano. Se il pesce non è indebolito nè isolato, si può ottenere la scossa toccando un punto qualunque del suo corpo o anche solamente dell'acqua salsa in cui è immerso.

La scarica dell'organo elettrico della torpedine (come pure degli altri pesci elettrici) si dice un fenomeno volontario, non perchè il pesce possa dirigere la corrente ove vuole, ma perchè allora soltanto scarica il suo apparato elettrico quando sente l'istinto di servirsene. Irritando l'animale o pungendolo in alcuna par-

te del corpo e specialmente nelle pinne, per lo più dà la scossa, ma talora anche la nega. E' poi fuori di dubbio che di quest'arma si vale la torpedine a stordire ed uccidere i pesciolini dei quali si nutre.

Oltre la scossa, la scarica della torpedine dà anche la scintilla, calamita l'acciaio, promuove le operazioni chimiche; in una parola produce tutti gli effetti che producono le correnti degli elettromotori artificiali.

Il ginnoto o anguilla del Surinam e' un pesce di acqua dolce che ha il corpo sottile e pieghevole a guisa di serpente, e la sua lunghezza giunge fino a tre metri. L'organo elettrico di questo pesce è parimenti composto di tubettini prismatici posti uno accanto all'altro e diretti dalla testa alla coda dell'animale, invece di esserlo trasversalmente come nella torpedine. Le estremità de' prismi vôlte verso la testa sono positive, e le estremità vôlte verso la coda negative; quindi avviene che quando il pesce si curva e scarica il suo apparato elettrico, l'acqua compresa fra la testa e la coda è percorsa da una corrente capace di uccidere i pesci che si trovano in quella porzione di acqua.

La forza elettrica nel ginnoto è assai maggiore che nella torpedine. Fra due conduttori comunicanti uno colla testa ed uno colla coda di un ginnoto scoccano delle vive scintille, e si

abbruciano dei foglietti d'oro battuto. Le scos
se che dà questo pesce possono abbattere un
uomo e fino anche un cavallo; ma come la
torpedine così il ginnoto perde ben presto la
forza elettrica, ne' la riacquista che col tempo
e dopo un nutrimento abbondante.

Del resto è molto probabile che la torpedine,
il ginnoto e tutti gli altri pesci elettrici non
abbiano una sorgente particolare di elettricità,
ma solamente un apparato atto ad accumu-
lare e mantenere libera una porzione dell' e-
lettricità che copiosamente si sviluppa nel cor
po di tutti gli animali.

Capo V.

Dell' elettricità atmosferica

APPENA si cominciò a vedere la scintilla elettrica ed a sentire lo scoppiettìo che l'accompagna, vi fu subito chi li paragonò al lampo e al tuono. Ma il sospetto che le apparenze luminose de' temporali sieno veri fenomeni elettrici e che in conseguenza l'atmosfera contenga l'elettrico non passò nell'ordine de' fatti prima del 1752, epoca in cui Franklin concepì e realizzò l'ardito progetto di trarre l'elettricità dalle nuvole. Avendo egli ad occasione di un temporale lanciato in alto un cervo volante, dopochè una pioggerella ebbe resa abbastanza conduttrice la corda, ottenne da questa delle scintille non altrimenti che dal conduttore di una macchina elettrica.

Nello studio dell' elettricità atmosferica conviene distinguere due casi; cioè lo stato elettrico dell' atmosfera quando il cielo è sereno, e lo stato elettrico dell' atmosfera quando il cielo è piovoso e temporalesco.

Articolo 1.°

Dell' elettricità atmosferica a cielo sereno.

357. *L'atmosfera terrestre si mostra in tutti i tempi più o meno elettrizzata. Sotto un cielo perfettamente sereno l'elettricità dell'aria è positiva e tanto più fortemente positiva quanto più elevato e libero è il luogo dell'osservazione. Un buono elettroscopio a pagliuzze o a foglietle d'oro basta per provare la verità di questa asserzione. Collocato lo strumento sulla superficie della terra in campagna aperta, i segni elettrici sono nulli; nè cominciano a comparire che all'altezza di un metro o 1m,5 sopra la superficie della terra. L'altezza in cui cominciano i segni elettrici è maggiore nella vicinanza degli edifizî, degli alberi e degli altri oggetti elevati; ma allorquando le pagliuzze hanno cominciato a divergere, se lo strumento si porti a maggiore altezza, la divergenza diviene sempre maggiore. Sembra che l'aria e la terra sieno cariche di elettricità contrarie, e che negli strati più bassi dell'atmosfera le due elettricità si vadano*

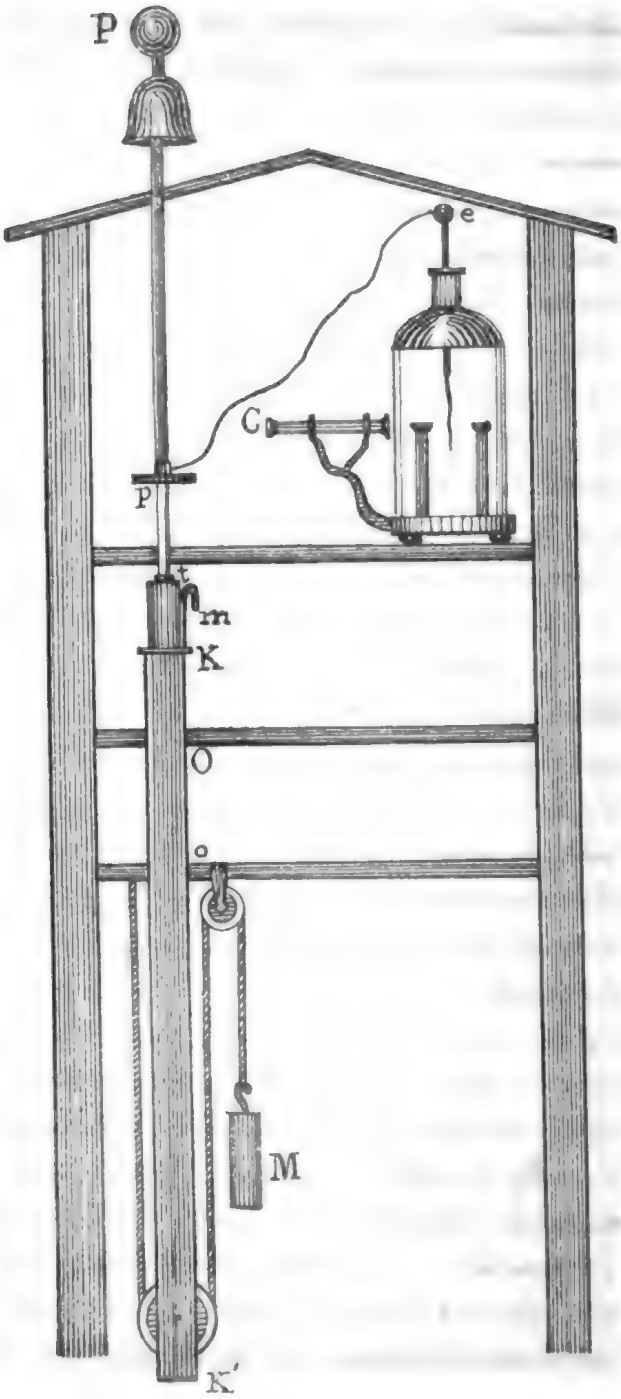
di continuo neutralizzando o immediatamente o mediante i conduttori collocati alla superficie della terra.

L'elettricità dell'atmosfera a cielo sereno è più forte nel verno che nella state. Anche durante le 24 ore del giorno l'elettricità dell'atmosfera va soggetta ad una specie di flusso e riflusso, che per lo più presenta due massimi e due minimi alla stessa guisa del barometro e dell'ago calamitato. In generale si ha un massimo fra le 9 e le 10 antimeridiane ed un altro massimo fra le 6 e le 7 pomeridiane. I due minimi si hanno qualche ora dopo la mezzanotte e il mezzodì. Nei mesi caldi di spesso si osservano tre massimi; cioè prima del mezzodì cresce di nuovo l'elettricità atmosferica fino dopo il mezzodì, poscia torna ad indebolirsi. All'incontro nei mesi freddi il massimo della mattina non c'è che uno verso le 9 ed anche questo è poco sensibile, laddove il massimo della sera suol essere assai forte.

L'elettricità atmosferica va pure soggetta a delle variazioni irregolari. Alle volte durante parecchi giorni la tensione elettrica dell'atmosfera cresce notabilmente e poi diminuisce con grande rapidità. Questi grandi aumenti e decrementi sono per lo più seguiti od accompagnati dal tempo cattivo.

Quando si vogliono fare delle osservazioni

precise sull' andamento dell'elettricità atmosferica si adopera l' elettroscopio a pile secche (266), che si fa comunicare con un conduttore terminato in palla od in punta ed esposto all' aria libera in un luogo elevato al disopra di tutti gli oggetti circostanti. La sola differenza che passa fra la palla e la punta è che allorquando il conduttore termina in palla, l'elettricità contraria a quella dell'aria si ferma in parte sulla palla; laddove quando il conduttore termina in punta, l'elettricità contraria sfugge per la punta medesima. Ma sia che il conduttore termini in palla sia che termini in punta, se l'aria è umida, l'elettricità del conduttore prontamente si sperde; onde accade sovente volte che non si abbiano i segni elettrici sebbene l'aria sia fortemente elettrizzata. Si pone rimedio a questo inconveniente coll' adoperare un conduttore mobile, che nell'atto dell'osservazione si solleva prestamente fino ad una certa altezza, poi si torna di nuovo ad abbassarlo. In questa maniera il conduttore si carica in un istante, e la dispersione non può essere che piccolissima. La figura qui annessa rappresenta il conduttore mobile con cui si esplora l'elettricità atmosferica nell' Osservatorio del Collegio Romano. Esso consiste in un tubo di ottone pP, sormontato da una palla pure di ottone, sotto la quale a poca distanza è un cappello metalli-


P
e
C
p
t
m
K
O
o
M
K'

co destinato a impedire che la pioggia entri nella stanza quando è calato il conduttore. Il tubo di ottone è isolato per mezzo di una colonnetta di vetro invernicato pt, la quale è fissata sopra un'asta di legno KK', che può muoversi verticalmente fra due guide Oo, ed è equilibrata mediante un contrapeso M. L'uncino u serve a sollevare il conduttore, la cui corsa è limitata da un ostacolo fisso p di maniera che non può essere maggiore di un metro. Un filo di rame ep coperto di seta stabilisce la comunicazione fra il conduttore mobile e la foglia d'oro dell'elettroscopio a pile secche. Il cannocchiale C serve ad osservare le indicazioni dello strumento.

358. La cagione precipua dell'elettricità atmosferica sembra essere l'evaporazione continua della terra, delle acque continentali e specialmente di quelle del mare. Non perchè l'evaporazione dell'acqua sia una sorgente immediata di elettrico, ma perchè dalle azioni chimiche che incessantemente si compiono lì ove le parti solide del nostro globo confinano colle acque deve risultarne (350) un eccesso di elettricità negativa nella parte solida della terra e di positiva nelle acque. I vapori dunque che si sollevano dalle acque dei mari, sopratutto della zona torrida dove la evaporazione è più attiva, portando seco l'elettricità che avevano allo stato liquido, cari-

cheranno l'aria di elettricità positiva. In questa ipotesi l'elettricità dell'aria deve crescere colla quantità di vapore che contiene; e di fatto nello stato normale dell'atmosfera i massimi e minimi diurni e mensili dell'elettricità si trovano essere in rapporto diretto coll'umidità dell'aria.

Oltre all'evaporazione possono più o meno influire sull'elettricità dell'atmosfera i processi chimici che costituiscono il fenomeno della vegetazione, le esalazioni che si sollevano da più parti della terra, dalle acque termali, dai vulcani &c. Quanto ai vulcani è certo che le ceneri ed i vapori che ne escono sono talora sì fortemente elettrizzati, che si veggono in essi guizzare le folgori non altrimenti che se fossero nubi temporalesche. L'apparizione delle folgori entro al fumo del Vesuvio era un fatto conosciuto anche ai tempi di Plinio.

Articolo 2.°

Dell'elettricità atmosferica a cielo piovoso e temporalesco.

359. Allorchè il cielo si annuvola ed an

che piú quando le nubi si sciolgono in piog-
gia in alcuna parte dell' orizzonte visibile,
lo stato elettrico dell' aria prova delle notabi-
li perturbazioni. I segni degli strumenti de-
stinati ad esplorare l' elettricitá dell' aria non
sono piú costantemente positivi come a cielo se-
reno, ma spesso sono negativi, ed alle varia-
zioni d' intensitá periodiche succedono delle va-
riazioni ben piú irregolari di quelle che si os-
servano a cielo sereno. E' probabilissimo che le
molecule vaporose nell' addensarsi per formare
le nebbie o le nubi ritengano l' elettricitá posi-
tiva che avevano allo stato elastico, ma l' e-
lettricitá cosi addensata eppero' cresciuta in ten
sione puo' indurre l' elettricitá negativa nel va
pore esistente negli strati di aria circostan-
ti. Un fatto sicuro e' che l' apparire de' se-
gni negativi e' un indizio infallibile di pros-
sima pioggia.

360. La pioggia suole avere una tensio-
ne elettrica che puo' dirsi enorme anche para-
gonata alle piú forti tensioni che si osservano
a cielo sereno. Ne' deve cio' fare meraviglia se
si rifletta alla grande condensazione che su
bisce il vapore nel passare a stato liquido.
Quanto alla natura dell' elettricitá che accom
pagna la pioggia pare che la positiva sia la do
minante, almeno nelle grandi pioggie. L' e-
lettricitá negativa che talora mostrano le piog-
gerelle minute anziche' alla carica negativa del

le nubi che le producono sembra doversi piuttosto attribuire all'influsso dell'atmosfera superiore che caccia l'elettrico positivo dalle nuvole le quali coll'acqua provente formano un conduttore abbastanza continuo e comunicante col suolo. Se le nuvole e l'acqua cadente sono gelate, il conduttore è assai più imperfetto; e così vediamo che nevigando i segni elettrici sono d'ordinario positivi.

Una prova della gran tensione elettrica dell'aria ad occasione di pioggia ci è data dalle indicazioni galvanometriche. Se il filo di un galvanometro si mette da un capo in buona comunicazione col suolo, mentre dall'altro capo comunica con un conduttore acuminato esposto all'aria libera, l'ago del galvanometro non devia a cielo sereno o semplicemente coperto di nubi, a meno che il conduttore non si elevi all'altezza di 70 e più metri al di sopra di tutti gli oggetti circostanti, o che il galvanometro non sia formato di un filo lunghissimo e perfettamente isolato; ma in tempo di pioggia l'ago del galvanometro accusa una corrente spesso anche assai forte. Possiamo da ciò argomentare l'enorme quantità di elettrico che portano in terra le piogge, le quali durando talora per più ore continue si devono considerare come correnti che scaricano l'atmosfera di una gran parte di sua elettricità.

Dei temporali

561. *L' elettricità atmosferica già forte durante la pioggia, lo diviene anche di più all'apparire de' temporali. Chiamasi temporale quel complesso di fenomeni che si appalesa in una ammasso di nuvole in alcuna loro parte tuonanti. La sola condizione assolutamente necessaria al formarsi di un temporale è l'addensamento nel medesimo luogo di una gran quantità di vapore: addensamento che può essere l'effetto o di un contrasto di venti o di una corrente di aria vaporosa che ascendendo verso le alte regioni dell'atmosfera viene a soffrire una notabile diminuzione di temperatura. La prima di queste cause di addensamento può aver luogo tanto nell'estate che nell'inverno; la seconda non ha luogo che nell'estate, ed è l'origine ordinaria dei temporali che si generano nelle ore più calde della giornata e che spesso tornano a rinnovellarsi nella medesima ora o in quel torno per più giorni di seguito.*

Le nubi temporalesche sogliono essere molto oscure, e nettamente terminate da linee curve di varie e bizzarre figure. Ma ciò che sopratutto caratterizza le nubi temporalesche è una specie di agitazione o intestina fermentazione che

nelle nubi ordinarie non si osserva, e che sembra essere la conseguenza delle attrazioni e ripulsioni che succedono fra le parti oppostamente o similmente elettrizzate. La presenza delle due opposte elettricità nelle nubi temporalesche si è poi manifestata dalle scariche elettriche, che si osservano fra nube e nube, ed anche fra le diverse parti di una stessa nube.

Lampi e tuoni

362. I lampi, vale a dire le scariche elettriche luminose che accompagnano i temporali, ci si offrono sotto tre forme assai distinte. Si dicono folgori quelle lunghe e tortuose scintille che si vedono guizzare fra due gruppi di nubi o fra un gruppo di nubi e la terra; ma in questo secondo caso le folgori prendono più comunemente il nome di fulmini. Chiamasi baleno quel chiarore diffuso che senza avere la vivacità e biancheza della polvere, talora illumina tutta la massa nuvolosa, talora soltanto ne orna di luce il contorno. Finalmente si appellano folgori globulari certe folgori assai meno veloci delle altre che hanno l'apparenza di palle o globi di fuoco, e che arrivate in terra spesso rimbalzano e si stanno per qualche tempo ferme ed oscillanti, finchè scoppiano con

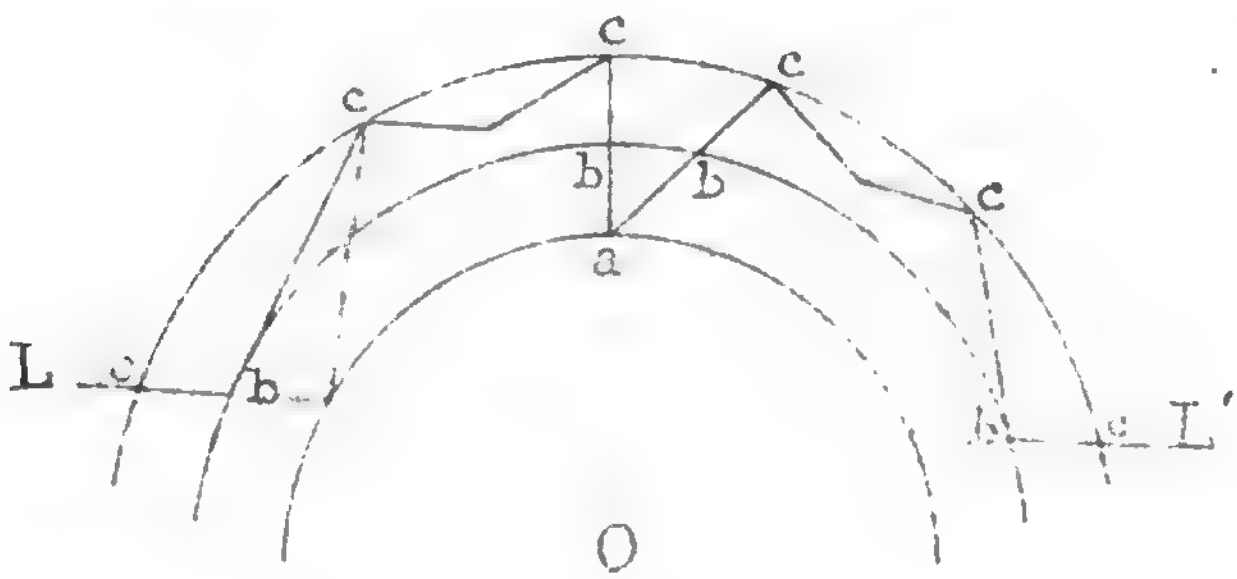
un fragore simile alla detonazione simultanea di molti pezzi di artiglieria. Queste diverse forme che prende la scarica luminosa delle nubi temporalesche dipendono dalla diversa densità de vapori che compongono le nubi e da altre circostanze che in generale non si possono determinare. Allorché le particelle vaporose di una nube formano una massa compatta ed isolata, sembra che la scarica debba prendere la forma di scintilla o di folgore non altrimenti che prende nel conduttore della macchina elettrica. Che se le parti di una nube non sieno ravvicinate per modo da formare un conduttore continuo, la scarica prenderà la forma di un chiarore diffuso o di baleno come accade nei quadri scintillanti ed in tutti i corpi che presentano all'elettrico una serie numerosa d'interruzioni. Ma spesse volte il baleno è l'effetto di una folgore nascosta dietro le nuvole o sotto l'orizzonte e di cui non giungono a noi i raggi diretti ma solamente la luce diffusa o riflessa dalle nubi e dall'aria repentinamente illuminate. Quanto all'origine delle folgori globulari non si hanno finora che delle congetture; le quali, attesa la rarità del fenomeno, non sono appoggiate da un numero sufficiente di osservazioni.

365. Ordinariamente il lampo è seguito da uno strepito che si fa nell'aria e dicesi tuono. Il tuono sebbene sia generato in un colla luce, pure non giunge a noi che dopo di essa; a mo-

tivo della minore velocità del suono che percorre circa 337 metri al secondo, mentre la luce ne percorre quasi 330 milioni. La propagazione della luce dalle nubi alla terra potendosi perciò considerare come istantanea, l'oeservatore che avrà contato il numero de' secondi scorsi fra l'apparire del lampo e l'udirsi del tuono, coll moltiplicare questo numero per 337, avrà in metri la distanza dal punto ove si è manifestata la meteora. La maggiore distanza a cui siasi fatto sentire il tuono sembra essere di 16500 metri, che corrisponde a circa quarantanove secondi.

Il tuono presenta due circostanze che meritano di esser considerate; e sono la sua lunga durata e quell'aumento e diminuzione d'intensità, che frequentemente si succedono durante la medesima esplosione. La lunghezza del tuono dipende talora almeno in parte dall'eco degli edifizi, de' monti ed anche delle nuvole; ma principalmente e più comunemente dipende dalla diversa distanza dei punti pei quali si propaga la scarica; essendo manifesto che il rumore prodotto nelle parti più vicine deve arrivar prima del rumore che si produce nelle più lontane. E siccome le parti in cui la commozione dell'aria è più veemente possono essere più lontane, così il rumore più tardo a pervenirci può essere più forte, benchè indebolito da più lungo viaggio.

Supponiamo p. e. che LL' sia la via percorsa dalla folgore: se imaginiamo una se-



rie di sfere, tutte col centro in O, è manifesto che un osservatore collocato in quello centro udirà prima il rumore procedente dal punto più vicino a; quindi la somma dei rumori che procedono dai punti bbbb; e finalmente la somma di quelli procedenti dai punti cccccc, che atteso il loro maggior numero possono produrre un rumore più intenso de' precedenti. Cotali variazioni d'intensità si potrebbero riprodurre col distribuire un corpo di truppe in una linea irregolarmente serpeggiante, e col far loro nello stesso tempo scaricare tutti i fucili.

Ma quantunque lampo e tuono vadano per lo più congiunti assieme, pure accade talora che lampeggi senza che odasi il tuono. Questi lampi che d'ordinario si veggono presso l'orizzonte, ma qualche volta anche nelle alte regioni dell'atmosfera e che diconsi di caldo,

sono prodotti da temporali nascosti sotto l'orizzonte, o da scariche che per la troppa debolezza, lontananza o rarezza dell'aria in cui si generano non fanno sentire il tuono. Quanto ai tuoni che alcune volte si odono senza che appariscano i lampi, deve dirsi che in quei casi la vista dei lampi sia tolta o dalla luce del giorno o da qualche densa nube interposta fra l'osservatore ed il luogo della scarica.

Caduta del fulmine

364. Quando una nube elettrizzata si accosta alla terra, i corpi che sono situati alla sua superficie si elettrizzano per induzione, e l'elettricità opposta che s'induce è tanto più forte quanto questi corpi sono più elevati, più conduttori e più ampli o in migliore comunicazione col suolo. Se dunque fra la terra e la nube abbia luogo la scarica, saranno di preferenza fulminate le torri, gli alberi, i metalli, i corpi umidi, ed in generale tutti quei corpi che offrono all'elettrico via più corta e più deferente. Ed in fatto si osserva che a parità di altezza il fulmine sceglie i corpi più estesi e che hanno maggiore attitudine a condurre l'elettrico; ed a parità di questa attitudine suol colpire i più liberi ed eminenti, come già

si sapeva anche prima che la teoria del fulmine fosse conosciuta.

Gli effetti che produce la caduta del fulmine sono in grande gli stessi fenomeni meccanici, fisici, chimici e fisiologici che producono le scariche delle nostre batterie. I cattivi conduttori sono forati, spezzati, atterrati e anche lanciati a grande distanza dal fulmine; il quale per lo contrario quando attraversa i buoni conduttori spesso ne distacca delle parti celle di una piccolezza estrema e le trasporta dall'uno all'altro corpo. Il fenomeno più curioso che presentano questi trasporti di materia estremamente divisa operati dal fulmine sono quelle immagini indelebili di oggetti estranei che talvolta si osservano sui corpi fulminati. Sul cadavere di un uomo ucciso dal fulmine a Zante nel 1835 si trovarono tutte le impronte delle monete che aveva indosso nell'atto della scarica.

Effetti comunissimi dell'azione calorifica del fulmine sono la fusione e volatizzazione de' metalli o totale se sieno in piccole masse, o parziale se le masse metalliche sieno alquanto grosse; la combustione e carbonizzazione delle sostanze infiammabili, e ciò che è più sorprendente la vetrificazione delle sabbie e di altre sostanze silicee come apparisce dai tubi fulminei o fulguriti. Si chiamano tubi fulminei o fulguriti certi tubi del diametro di tre o quat-

tro centimetri che a quando a quando si trovano sepolti nei terreni sabbiosi, e il cui interno è uno smalto simile a vetro lucente e l'esterno sono granelli di sabbia agglomerati. Dopo che questi tubi si sono rinvenuti nei luoghi stessi che poco prima erano stati colpiti dal fulmine (1), e dopo che si sono anche artificialmente ottenuti in piccole dimensioni, facendo passare pel vetro pisto la scarica di una potente batteria, non si può più dubitare che le fulgurite non sieno lavoro della virtù calorifica del fulmine.

Il fulmine magnetizza il ferro, l'acciaio ed altre sostanze dotate di forza coercitiva. Non è raro il caso che passando il fulmine presso di un ago da bussola ne distrugga o diminuisca assai la forza magnetica. Qualche volta invece rovescia i poli dell'ago magnetico, o fa loro prendere una polarità trasversale di maniera che quello che era polo nord si volga all'ovest, o a qualche punto intermedio; cosa che più di una volta ha cagionato degli sbagli funesti nella direzione delle navi che in alto mare erano

---

(1). L'prof. Hagen di Koenisberg avendo scavato il terreno attorno di un foro fatto dal fulmine presso le radici di un albero, vi trovò una fulgurite della lunghezza di 5 o 6 metri, che andava a terminare in una polla di acqua.

state colpite dal fulmine.

L'azione chimica del fulmine ci è palesata dall'acido nitrico che sempre si trova nelle piogge dei temporali, e da quell'odore solforoso e fosforico talvolta durevole per molto tempo, che si sente in vicinanza de' luoghi colpiti dal fulmine e che annunzia la presenza dell'ozono. E' molto probabile che il fulmine determini nell'aria la formazione dell'acido nitrico, mediante la trasformazione dell'ossigene in ozono.

Quanto agli effetti fisiologici del fulmine, è noto che gli animali colpiti dal fulmine alle volte restano uccisi all'istante o gravemente offesi, ed alle volte ne restano soltanto apparentemente morti o sbalorditi. Di rapida poi è l'azione del fulmine che molte delle persone rimaste uccise si sono trovate nelle stessissime posizioni in cui erano quando vennero colpite, e molte di quelle riavutesi non si rammentarono poi ne' della luce ne' dello strepito. Nei cadaveri degli animali morti dal fulmine talora non si osserva nessuna lesione organica a cui si possa attribuire la morte; ed in questo caso il cadavere immediatamente si putrefà. Questa rapida putrefazione sembra provare che l'energia della scarica ha portato le molecule organiche fuori delle posizioni che avevano sotto l'influsso della vita; imperocchè ciò che nelle circostanze ordinarie ritarda al

quanto la putrefazione de' cadaveri, non è altro che il contrasto che anche qualche tempo dopo la morte persiste fra le disposizioni che le molecule organiche hanno preso sotto l'influsso delle forze vitali e le disposizioni che tendono a prendere ubbidendo solamente alle forze fisiche e chimiche. Altre volte invece i cadaveri degli animali uccisi dal fulmine presentano delle lesioni in uno o più organi essenziali, ed in questi casi la putrefazione per lo più non sopravviene che lentamente, come in generale accade nelle morti violente e subitanee.

Gli uomini leggermente colpiti dal fulmine alcune volte sono rimasti sanati da malattie preesistenti come dalla paralisia delle membra, dalla sordità e da affezioni reumatiche. Gli esempi che abbiamo di simili cure, sebbene rarissimi, valgono a dimostrare che l'applicazione dell'elettricità alla terapeutica non è del tutto priva di fondamento.

Un altro fenomeno in apparenza assai strano che viene talvolta prodotto dal fulmine è la morte degli uomini e di altri animali che nell'atto della scarica si trovano a molta distanza dalla via percorsa dalla corrente fulminea. Ma questo fenomeno non è altro che un caso di contracolpo elettrico (247). Un animale infatti che si trova nell'atmosfera elettrica di una nube fortemente elettrizzata, deve caricarsi per influsso di elettricità contraria; e se in questo

stato la nube subitamente si scarica su di un corpo qualunque, l'induzione cessa; e l'elettrico copioso che con impeto grandissimo esce dal corpo dell'animale potrà scuoterlo con grande veemenza ed anche ucciderlo.

Parafulmini

365. Franklin dopo avere dimostrata la natura elettrica del fulmine, trovò anche il mezzo di proteggere gli edifizî da questa terribile meteora colla celebre invenzione del parafulmine. Consiste il parafulmine in un'asta metallica acuminata che si solleva al di sopra di tutti gli oggetti circostanti e comunica col suolo mediante un conduttore parimenti di metallo. Essendo proprio di ogni scarica elettrica il preferire i conduttori più vicini e specialmente le masse metalliche, nelle quali una volta che è penetrato l'elettrico non le abbandona per portarsi su corpi meno conduttori od isolati; è manifesto che un edifizio armato di parafulmine non sarà danneggiato dal fulmine, che venendo a cadere su di esso sceglierà le vie del conduttore metallico che gli si offre e che innocuamente lo trasmette alla terra.

Le condizioni a cui deve soddisfare un buon parafulmine sono 1°. che il conduttore abbia

sufficiente grossezza per propagare la corrente fulminea senza fondersi : **2°.** che dalla punta fino all'estremità inferiore del conduttore non vi sia nessuna interruzione di continuità metallica : **3°.** che la comunicazione fra il conduttore e la terra sia più che si può perfetta ; e tale sarà se il conduttore vada a terminare nell'acqua perenne o in un terreno costantemente umido. Se manchi alcuna di queste condizioni specialmente la 2ª o la 3ª, il parafulmine può riuscire non solo inutile ma anche nocivo, perchè avrà l'inconveniente di attrarre il fulmine senza avere il vantaggio di annullarne i disastri.

Comunemente si ammette che la virtù proteggitrice di un parafulmine si estenda a distanza doppia dell'altezza della sua asta ; di maniera che se questa si elevi all'altezza di 3 metri al di sopra degli oggetti circostanti, il parafulmine difenda un area circolare di 6 metri di raggio. Ma questa regola non è assoluta ; essa deve variare coll'acutezza della punta, colla natura e dimensioni de' corpi vicini e con altre circostanze. In ogni caso però un solo parafulmine non pare bastevole a proteggere sicuramente un vasto edifizio ; ma conviene erigerne più d'uno facendoli comunicare metallicamente fra loro e con tutte le altre grandi masse metalliche che si possono trovare all'interno dell'edifizio medesimo. L'avvertenza di far comunicare le grandi masse metalliche

metalliche coi conduttori dei parafulmini è di sommo rilievo; ma non si deve estendere a quelle masse metalliche le quali vanno a terminare nell'interno dell'edifizio; poiché queste potrebbero deviare il fulmine e condurlo là dove si vuole eschidere.

I vantaggi de' parafulmini sono certi e ci vengono di continuo mostrati dal fatto, che gli edifizi armati di parafulmini ben costrutti non soffrono quasi mai danno dal fulmine; quantunque molti di essi prima che fossero muniti di tale difesa, ne venissero spesso malmenati. Dicasi il medesimo delle navi; le quali e per l'altezza degli alberi e per la molta conducibilità dell'acqua del mare erano di frequente danneggiate dal fulmine; ed hanno cessato di esserlo, tosto che vi si sono adattati i parafulmini. Oltre di ciò i parafulmini valgono anche a scaricare tacitamente una parte dell'elettricità dell'atmosfera; e per tal modo possono impedire o rendere meno funesti i temporali. Quelle fiammelle, le quali durante i temporali si manifestano sulle punte de' parafulmini (1), e le continue-

---

(1). Queste fiammelle ad occasione di temporali si veggono anche sugli alberi delle navi, sulle croci de' campanili e su d'altri oggetti culminanti. Gli an

scintille che saettano dovunque i loro conduttori presentano qualche interruzione, indicano abbastanza che anche quando non ricevono il fulmine scorre per essi la corrente elettrica. E se i temporali passando sopra vaste foreste specie si veggono indebolire per la neutralizzazione dell'elettrico delle nubi che si opera mediante le alte piante, a più forte ragione si potranno indebolire passando sopra grandi città copiosamente provvedute di parafulmini.

Sopravvenendo un temporale mentre si è all'aperto od in qualche edifizio non provveduto di parafulmini, è cosa sommamente pericolosa il ricoverarsi sotto gli alberi, ed in genere lo stare vicino ai buoni conduttori alquanto estesi, come pure ai camini, perchè la filiggine, il fumo e l'aria calda possono assai bene condurre la corrente elettrica; ed ai fili telegrafici per evitare gli effetti dell'induzione cui vanno soggetti. Le riunioni numerose di uomini o d'animali possono pure aumentare il pericolo di essere fulminati, sia per l'agglomerare in un luogo una maggior

---

tichi le chiamavano Castore e Polluce; di poi furono dette dai marinari Stelle di S. Elmo; ed ora sappiamo che sono il fenomeno del fuoco o della stelletta elettrica (242).

quantità di materia conduttrice, sia per la corrente ascendente e vaporosa che determinano colla loro respirazione e traspirazione. Il meglio sembra essere all'aperto di tenersi a distanza di 7 od 8 metri da un grande albero, da un edifizio, da un fiume &c.; ed al chiuso di collocarsi nel mezzo di una camera sedendo su di una sedia o giacendo in un letto. Ma conviene confessare che con tutte le nostre precauzioni non potremo mai giungere ad essere del tutto sicuri da questa terribile meteora; onde in ogni caso è necessario rassegnarsi nelle mani della Provvidenza, memori che *CAPILLI CAPITIS NOSTRI OMNES NUMERATI SUNT.*

LIBRO QUINTO

OTTICA

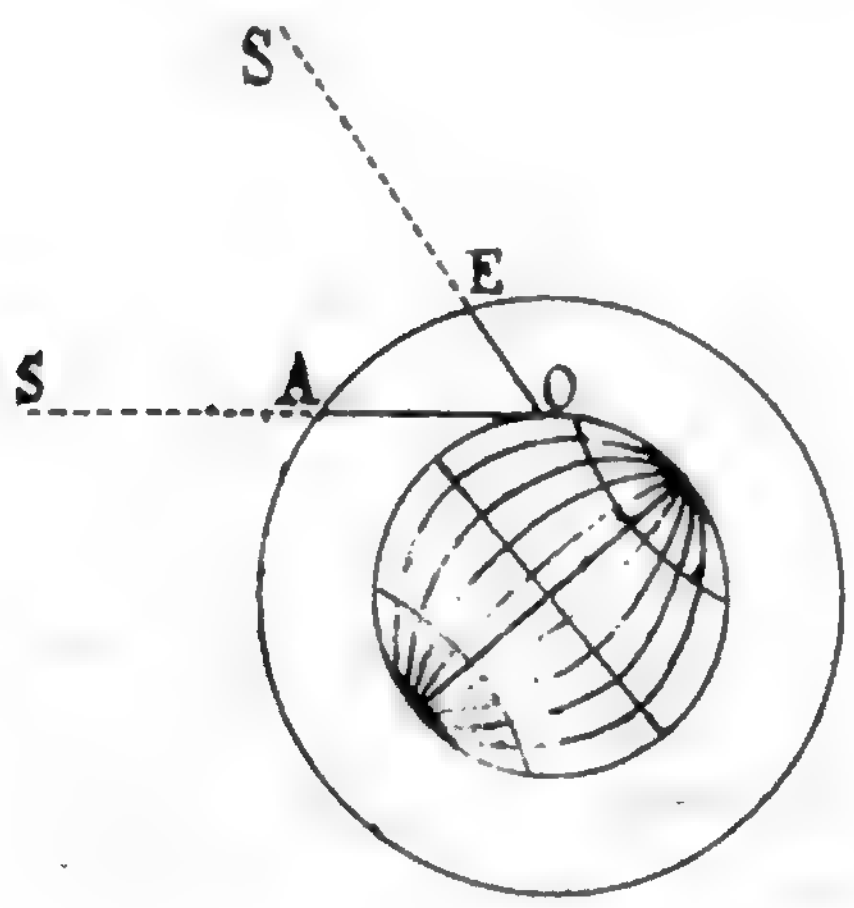
Nozioni Preliminari

366. *L'*OTTICA *è quel ramo di Fisica che tratta dei fenomeni della luce. I fenomeni della luce, come quelli del calorico (167), si credono prodotti da movimenti vibratorî determinati nel l'etere dall'oscillazione degli atomi de' corpi ponderabili. A questa ipotesi siamo condotti quasi per mano da tutto l'assieme dei fenomeni ottici, in ispecie da quelli che sono di più recente scoperta, e che col calcolo de' moti vibratorî furono o potevano essere preveduti ancora prima che l'esperienza ci mostrasse la loro esistenza.*

367. *Chiamasi raggio luminoso la linea nella cui direzione si propaga la luce; e fascetto luminoso la riunione di più raggi emanati da una stessa sorgente luminosa. Un fascetto dicesi pa-*

rallelo, divergente o convergente secondo che i raggi di cui si compone sono fra loro o paralleli o divergenti o convergenti.

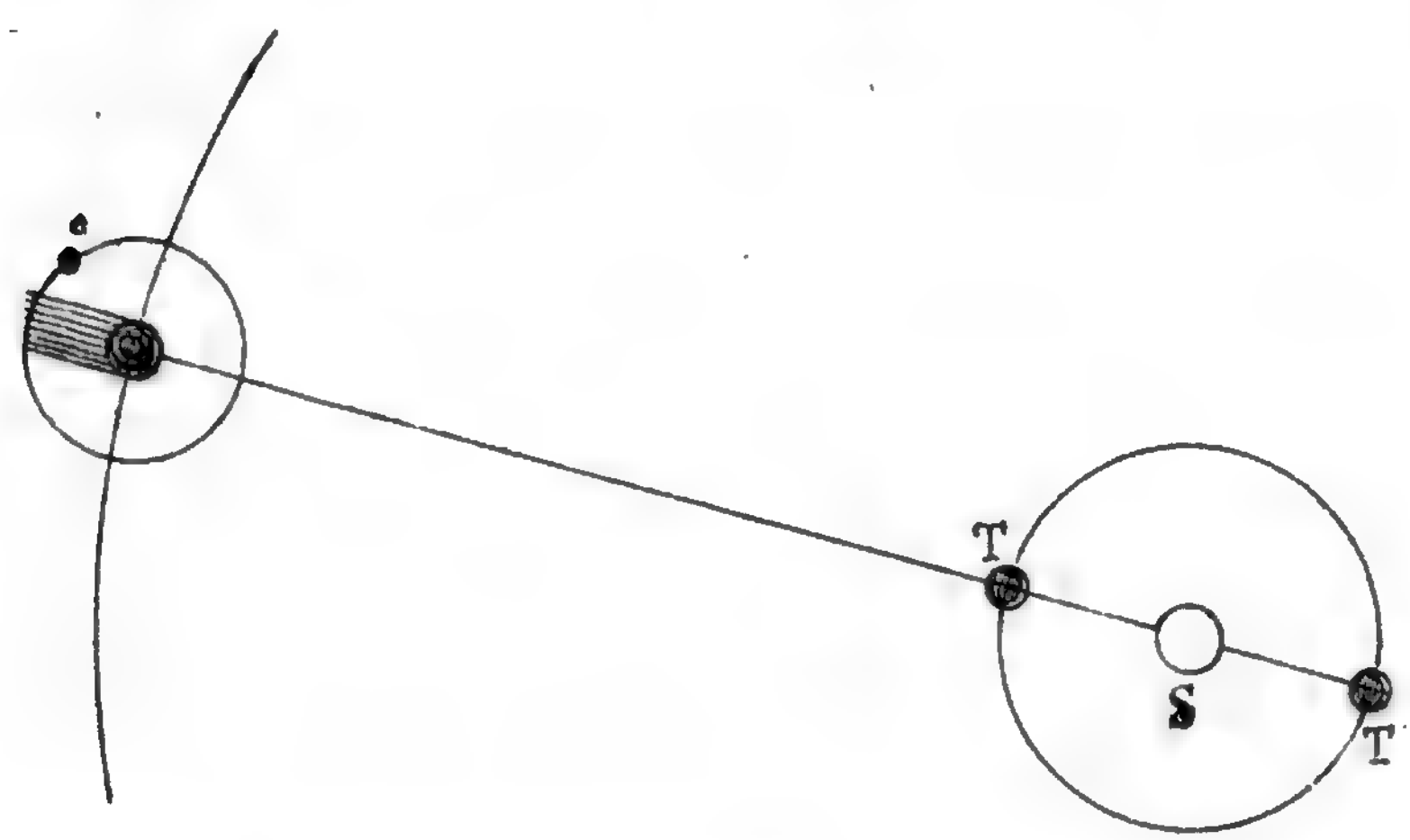
L'aria atmosferica e gli altri mezzi pei quali passano bene i raggi luminosi diconsi corpi diafani, ed opachi quelli che le negano il passaggio. I corpi che non sono perfettamente opachi, ne' danno buon passaggio alla luce si dicono semidiafani o semitrasparenti: tali sogliono essere quasi tutti i corpi opachi quando sono ridotti ad estrema sottigliezza; e tali pure divengono i corpi diafani quando sono portati a grande spessezza o densità; giacchè i corpi anche più diafani come p. e. l'aria impediscono il passaggio a qualche porzione di luce, e questa porzione va crescendo a misura che cresce la spessezza o densità del mezzo. Se il Sole presso l'orizzonte risplende meno, non e' solo per la maggior quantità di vapori e sostanze eterogenee che si contengono nelle regioni più basse dell'atmosfera; ma anche perchè lo strato aereo A0 è maggiore e



più denso di EO.

I raggi luminosi si propagano anche pel vuoto, cioé per uno spazio privo di materia ponderabile; altrimenti come arriverebbe a noi la luce del Sole e degli altri astri? Allorché la luce si propaga pel vuoto o per qualunque altro mezzo omogeneo, sempre si trasmette in linea retta. Infatti se collochiamo un corpo opaco sulla retta che congiunge il nostro occhio con un oggetto luminoso, questo cessa di essere visibile.

368. La velocità con che si propaga la luce nel vuoto è tale che dal Sole a noi non impiega che 8' 18"; mentre una palla da cannone conservando sempre la velocità iniziale di 390 metri al secondo, v'impiegherebbe più di



12 anni. Questa sorprendente velocità della luce fu per la prima volta determinata da Roemer

nel modo seguente Si sa che il pianeta Giove ha quattro satelliti de' quali il più vicino e al pianeta si ecclissa ad ogni 42ʰ 28′ 36″. Posto dunque che si sia osservata l'ora precisa in cui è avvenuta una ecclisse di questo satellite quando la Terra è in T, si potrá facilmente calcolare l'ora precisa in cui deve accadere un'altra ecclisse dello stesso satellite sei mesi dopo, quando cioé la Terra sará in T'. Ma quando la Terra è in T', l'ecclisse accade sempre 16′ 36″ più tardi del tempo calcolato; dunque la luce impiega 16′ 36″ a percorrere il diametro TT' dell'orbita terrestre, e per conseguenza 8′ 18″ a venire dal Sole S a noi. Computata la distanza del globo terrestre dal Sole di 148000 milioni di metri, la velocità della luce risulta di circa 300 milioni di metri al secondo. Posteriori sperienze hanno mostrato che la velocità della luce non è la stessa nei diversi mezzi, ma diminuisce col crescere la facolta refrigente (374) del mezzo in cui si propaga. Nell'aria atmosferica p. e. la velocità della luce è un poco minore che nel vuoto, e nell'acqua è minore che nell'aria. Ma queste differenze sono piccolissime, e nella massima parte de' fenomeni ottici la propagazione della luce viene considerata come istantanea.

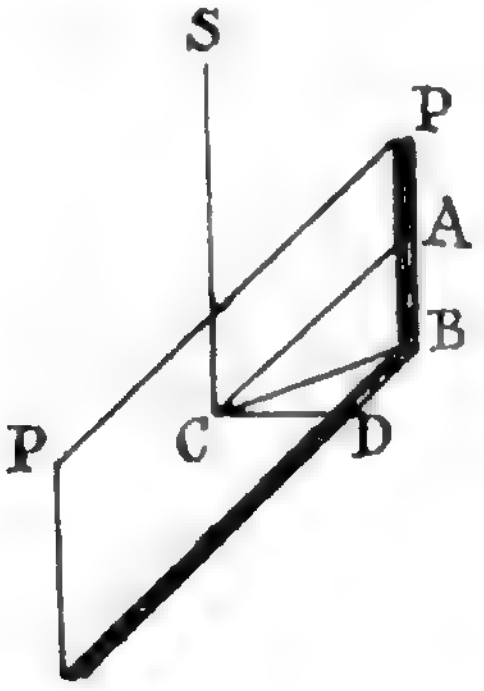
369. Lo studio de' fenomeni ottici ai dì nostri è divenuto vastissimo; ma potremo assai restringerlo omettendo le indagini che esi-

gono il sussidio del calcolo, o che trascendono i limiti di un corso elementare. Tutta la materia sarà divisa in tre capi: nel primo tratteremo dei fenomeni che ci offre la luce naturale, nel secondo di quelli che ci presenta la luce polarizzata, e nel terzo della visione e degli effetti chimici della luce.

Capo I.

Fenomeni della luce naturale

UN raggio luminoso dicesi naturale allorchè produce sempre gli stessi effetti qualunque sia il suo piano d'incidenza. Rappresentando SC un raggio di luce che cade sopra una superficie PP', il piano SCA condotto pel raggio normalmente a PP' chiamasi piano d'incidenza. Se PP' rimanendo parallela a se medesima, faccia un'intera circonferenza intorno al raggio SC, di maniera che il piano d'incidenza prenda successivamente le posizioni SCB, SCD ecc., il raggio SC si dirà naturale se in tutti questi piani produce gli stessi effetti che produceva nel piano SCA. Il piano d'incidenza di un raggio suole anche chiamarsi il suo azimut. potremo dunque dire che i raggi naturali sono quelli che producono i medesimi effetti in tutti gli azimut.



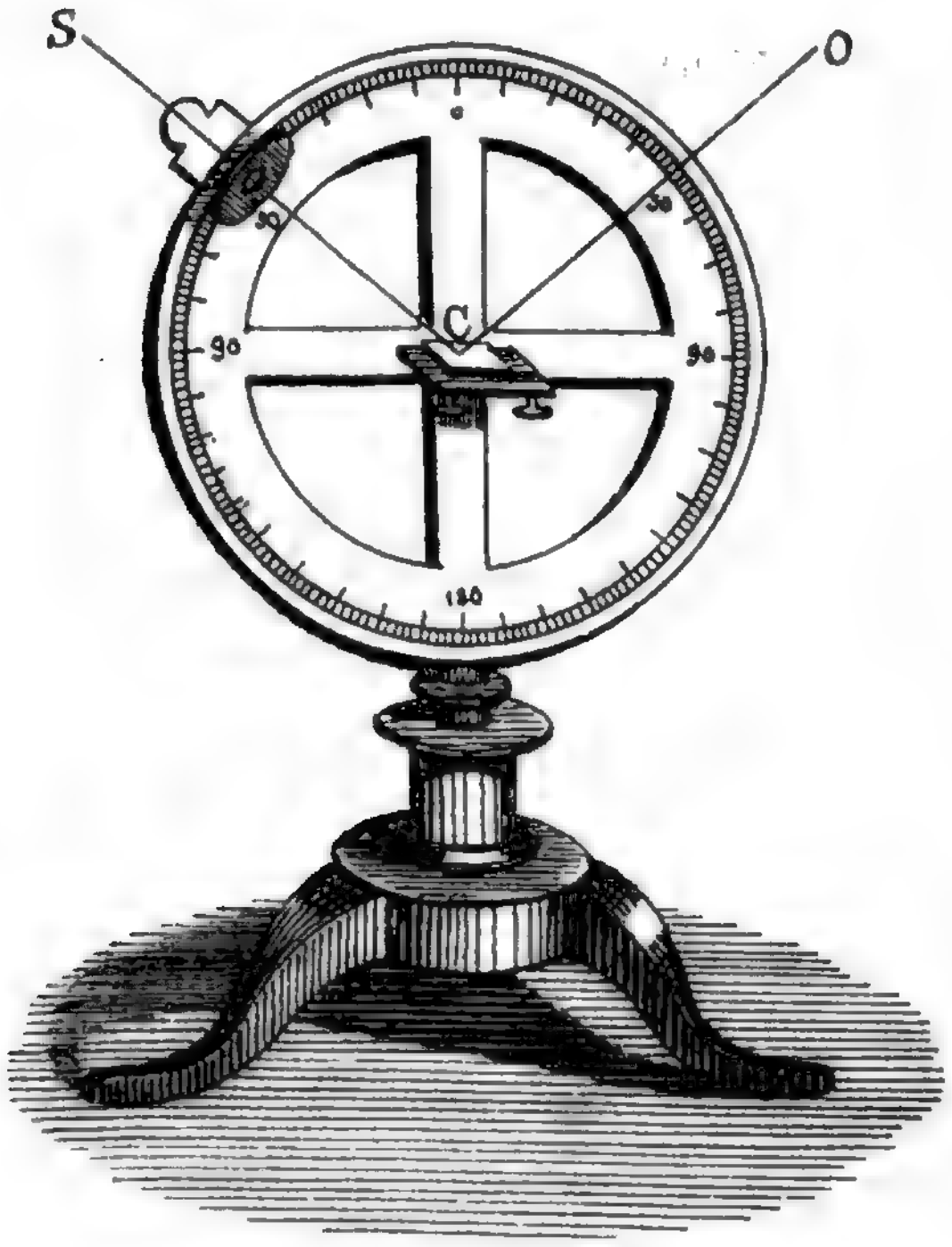
Articolo 1.

Della riflessione della luce

370. *Un fascetto luminoso incontrandosi in un corpo, generalmente parlando si divide in due; uno è trasmesso o assorbito dal corpo, l'altro è riflesso nello stesso modo (184) che si è detto de' raggi calorifici (1). Per dimostrare coll'esperienza la legge della riflessione, si fa entrare in una camera oscura per un piccolo foro un fascetto di raggi solari, e si ricevono obliquamente sopra una superficie piana od orizzontale* **M** *(pag. seg.) di vetro o di metallo. Nel punto C in cui cade il fascetto si colloca il centro di un cerchio graduato disposto verticalmente; e si osserva che i due fascetti, l'in*

(1). *Quantunque i corpi che riflettono bene il calorico per lo più riflettano bene la luce, pure vi hanno delle eccezioni. I metalli coverti di sottile strato di colla animale riflettono la luce fortemente e meno il calorico. Per converso vi sono de' corpi (tale è la neve) formati di filamenti o laminette staccate, che copiosamente riflettono la luce e non così il calorico.*

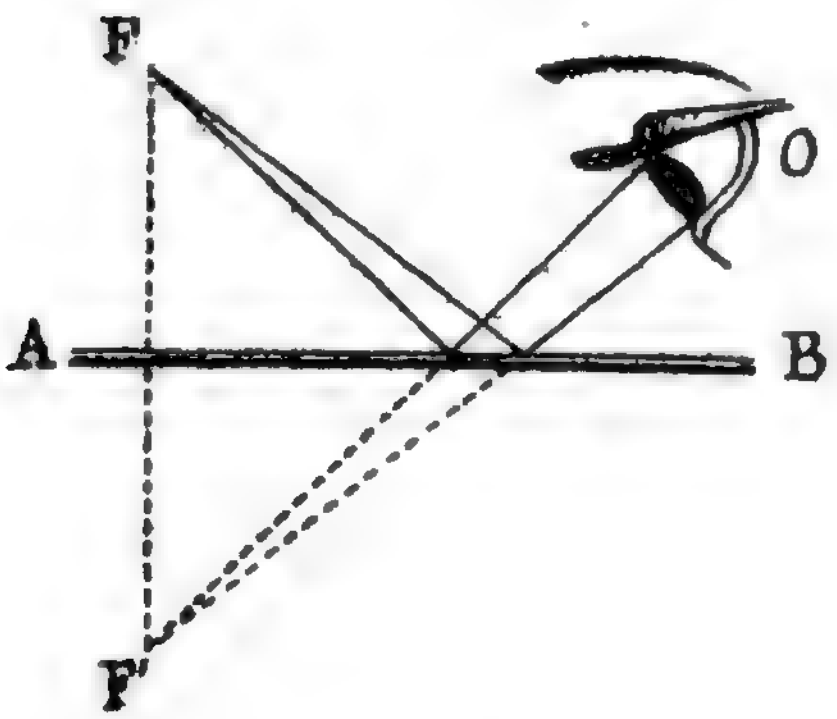
cidente SC ed il riflesso OC si trovano in uno stesso piano normale alla superficie riflettente e formano eguali gli angoli d' incidenza e di riflessione. Questa legge si verifica sempre qualunque sia la natura, la forma ed il grado di pulimento del corpo che riflette. Le denominazioni di riflessione regolare ed irregolare anche in questo caso (184) si riferiscono unicamente alla



disposizione relativa de' raggi componenti il fascetto riflesso. Se questi raggi sono tutti diretti verso la medesima parte la riflessione dicesi regolare, altrimenti si appella irregolare. E' manifesto che la riflessione regolare non può aver luogo che sui corpi perfettamente lisci e privi di scabrezza. Che se la superficie del corpo riflettente oltre ad essere perfettamente li-

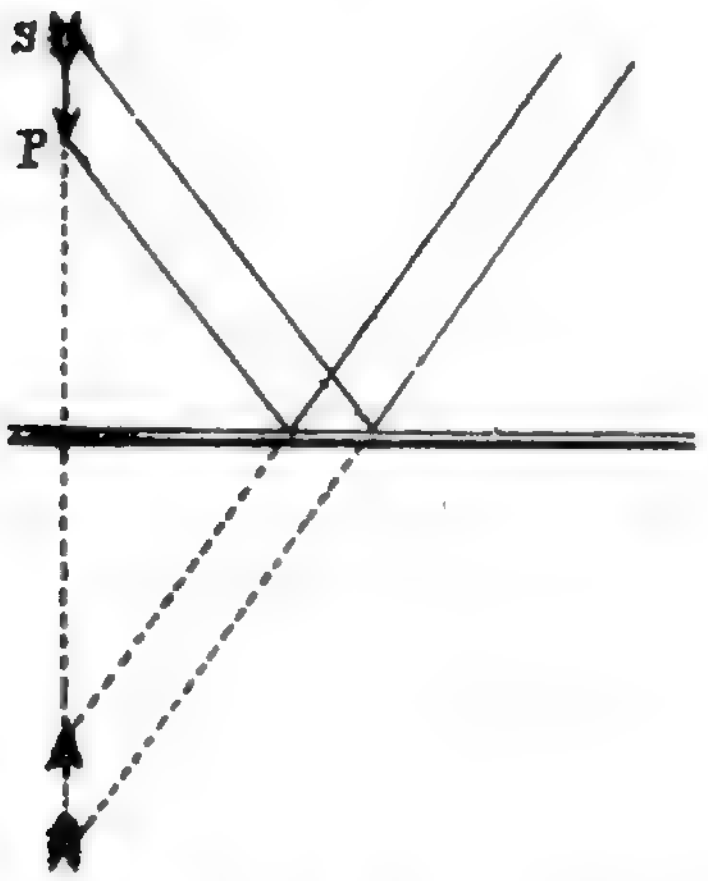
cia, sia anche prima, tutti i raggi che compongono il fascetto riflesso conserveranno gli uni relativamente agli altri il medesimo parallelismo, ovvero la medesima divergenza o convergenza che avevano prima di riflettersi: quindi è che le imagini vedute per la riflessione sulle superficie piane hanno la stessa forma e dimensioni degli oggetti.

371. I corpi che fanno vedere per riflessione le imagini degli oggetti diconsi specchi. Se ad una superficie piana e specolare AB si presenti un oggetto F, l'occhio collocato in O nella direzione dei raggi riflessi riceverà l'imagine di F; e siccome le imagini, che si dipingono nei nostri occhi, noi naturalmente le riferiamo al luogo donde sarebbero partiti i raggi se fossero venuti in direzione rettilinea, perciò l'imagine virtuale di F si vedrà in F', ossia in quel punto della normale FF che è tanto dietro lo specchio quanto F è davanti. L'imagine F' dicesi virtuale per far intendere che non è formata dall'attuale riunione de' raggi riflessi, ma dall'ideale prolungamento

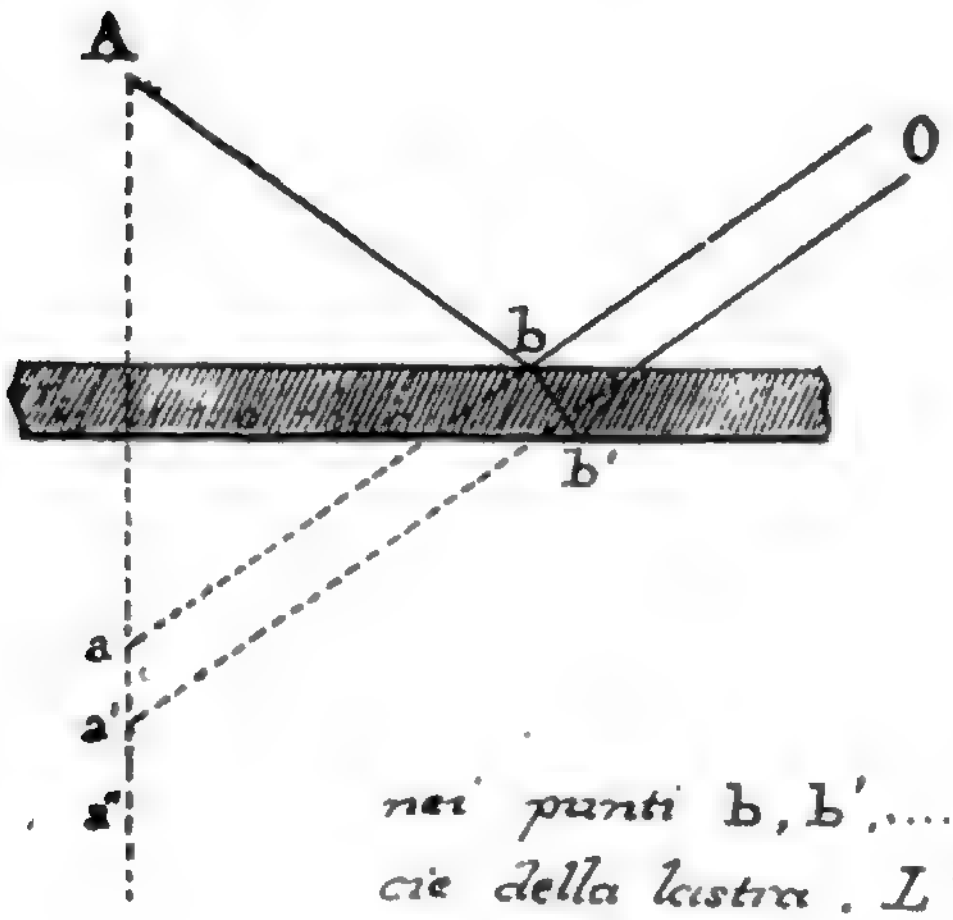


delle loro direzioni.

Non deve dunque far meraviglia se l'imagine di un oggetto ps riflessa dall'acqua o da qualunque altra superficie specolare sembra rovesciata, poiche' il punto s che è piu' lontano di p dalla superficie specolare si riferirà in s' parimenti piu' lontano di p' dalla superficie medesima.



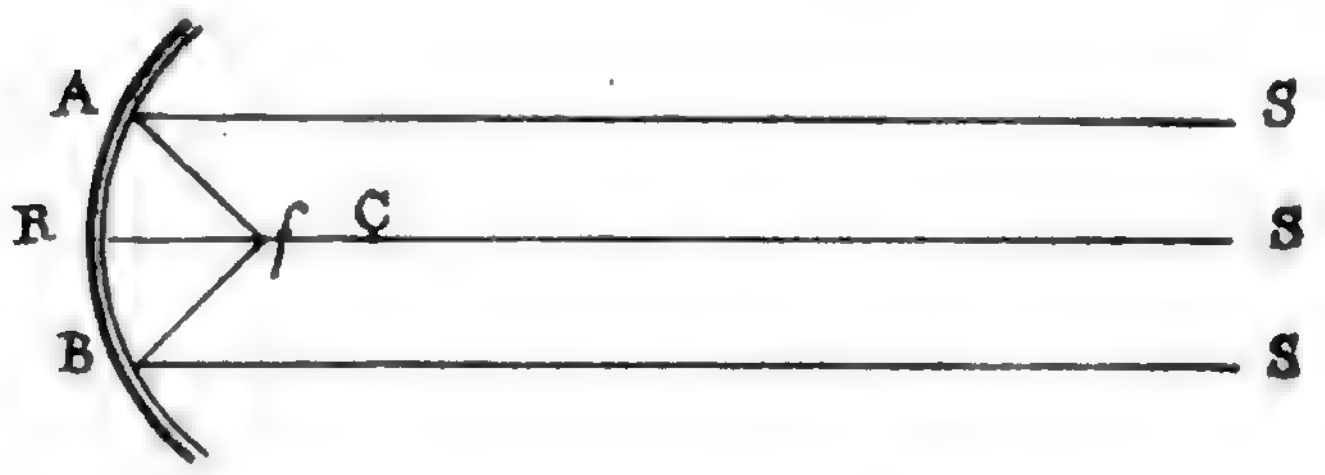
Nei corpi diafani e semitrasparenti la riflessione si fa eziandio alla superficie posteriore, anche nel caso che dopo tal superficie sia il vuoto e non l'aria. Collocato un oggetto luminoso A in vicinanza d'una lastra di cristallo, l'occhio che si trova in O vede piu' imagini a, a'..... dovute alle riflessioni che si fanno nei punti b, b',.... delle due superficie della lastra. L'intensità della lu-



ce di tali imagini va diminuendo ad ogni riflessione; ma il numero delle imagini visibili cresce a misura che cresce l'obliquità del raggio Ab. Questo fatto è sufficiente a dimostrare che la quantità di luce riflessa è tanto più grande quanto maggiore è l'obliquità dei raggi incidenti.

Gli specchi piani sono molto adoperati per dare ai raggi una direzione determinata. Allorchè si vuole mantenere per lungo tempo nella medesima direzione un fascetto di raggi solari, è necessario comunicare allo specchio un movimento continuo che compensi il moto apparente del sole. Ciò si ottiene mediante un meccanismo analogo a quello degli orologi, e l'apparato porta il nome di eliostata.

372. Anche le superficie curve purchè sieno ben levigate possono essere specolari. Gli specchi curvi più comunemente usati sono gli sferici ed i parabolici. Se la concavità di uno



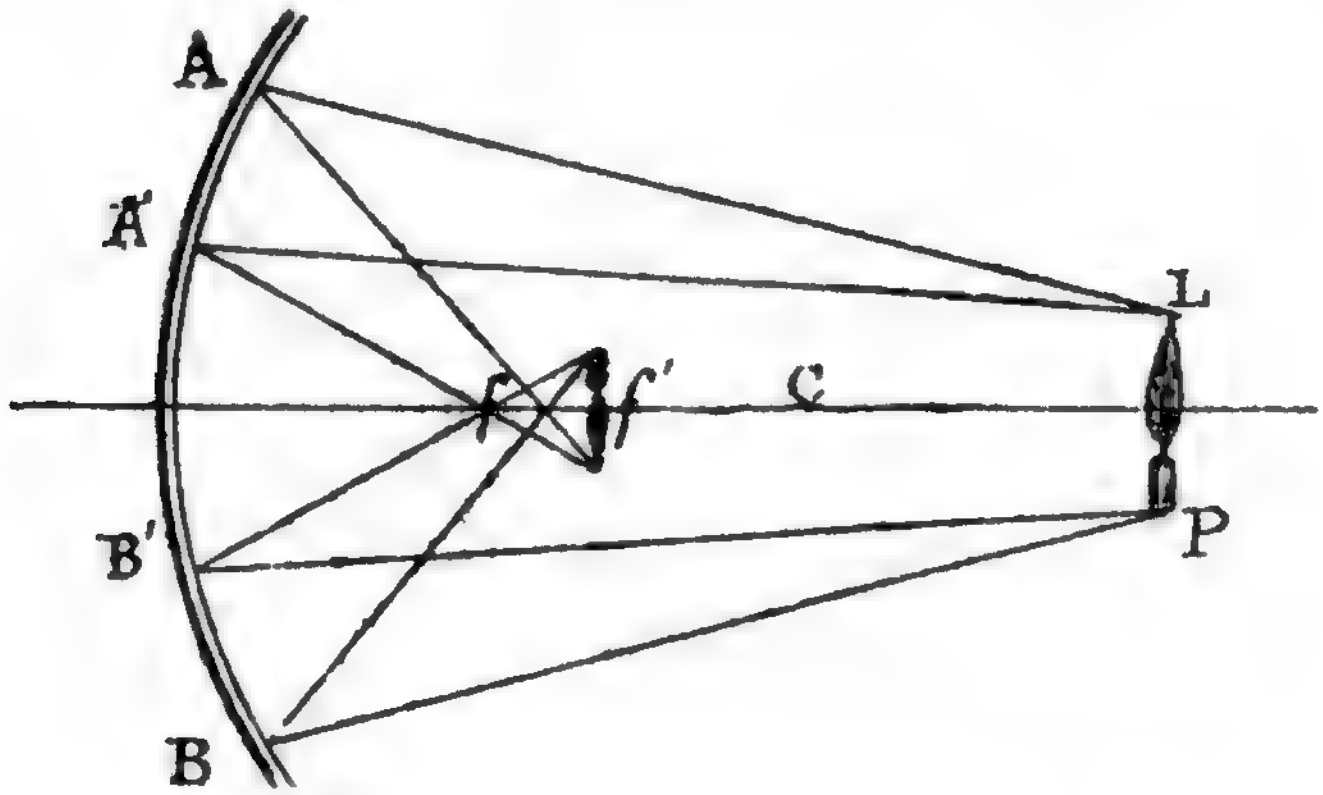
specchio sferico si presenti ai raggi solari, si osserva che i raggi riflessi vanno ad unirsi e a

dipingere un' immagine reale del sole in un pic colo spazio f che dicesi il foco principale dello specchio e che si trova esser nel mezzo del raggio CR di sua curvatura. La ragione di ciò è perchè i raggi che vengono dal sole, attesa la sua gran distanza dalla terra, si possono considerare come paralleli; ed i geometri dimostrano, che gli angoli formati dalle parallele SA, SR, SB, sempre che l'arco AB non superi gli 8 o 10 gradi, sono prossimamente uguali agli angoli che le rette Af, Rf, Bf formano con le tangenti medesime.

Se lo specchio AB fosse un segmento non già di sfera ma di parabola, i raggi solari verrebbero per la stessa ragione a radunarsi nel punto che i geometri dicono foco di questa curva. Si vede dunque che se un corpo luminoso si collochi nel foco principale di uno specchio sferico o nel foco di uno specchio parabolico, i raggi riflessi partiranno dallo specchio paralleli, e per conseguenza porteranno la luce a gran distanza; imperocchè la divergenza dei raggi è la causa precipua dello scemare che fanno le intensità delle radiazioni (181) col crescere la distanza delle sorgenti onde emanano. Allorchè gli specchi concavi si adoperano per illuminare gli oggetti si appellano col nome speciale di riflettori.

373. Se il corpo luminoso che si presenta allo specchio concavo AB non sia il sole, ma

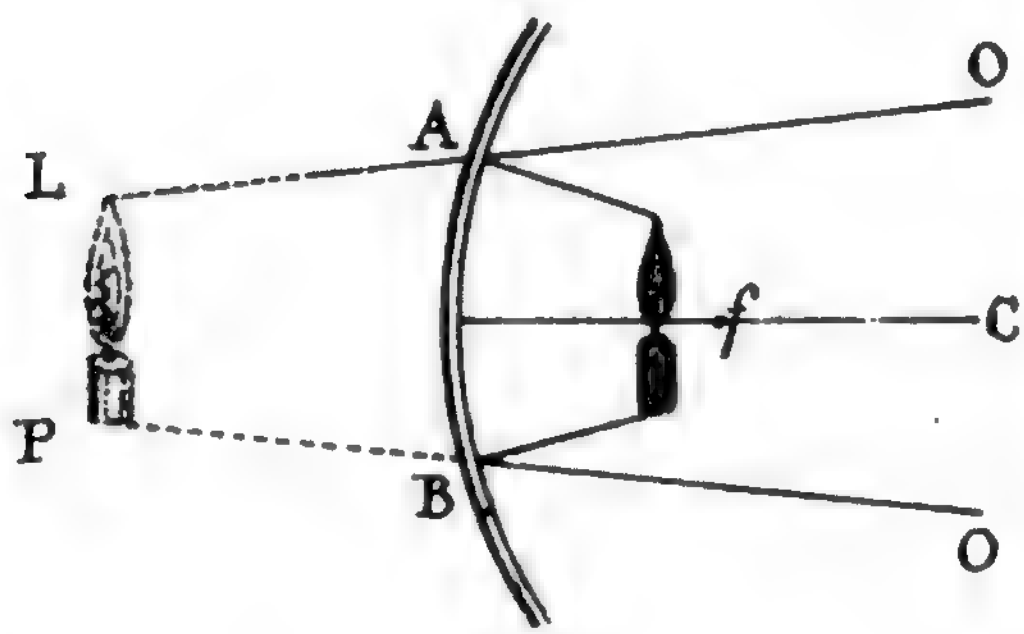
la fiamma L di una candela, od altro oggetto che mandi sullo specchio i suoi raggi riel-



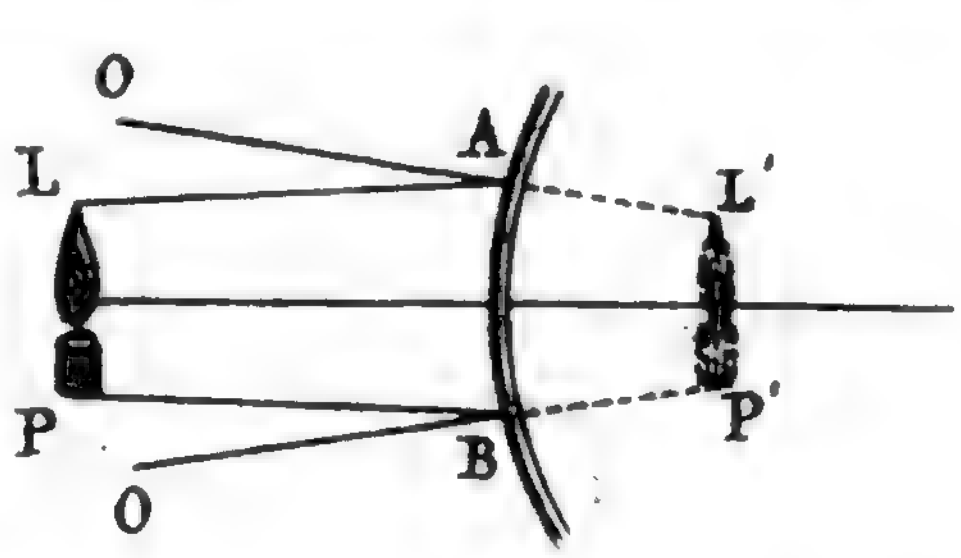
le direzioni divergenti **LA**, **LA'**, **PB**, **PB'**, in tal caso l'imagine apparisce rovesciata in un punto f'' fra il centro C di curvatura ed il fóco principale f. Il punto f'' appellasi fóco coniugato, per indicare che la sua posizione dipende dalla distanza del corpo luminoso. Accostandosi la candela al centro C, anche l'imagine vi si accosta; ed arrivata in C la candela, l'imagine coincide coll'oggetto. Se la candela continua ad accostarsi allo specchio, l'imagine sempre più se ne allontana, finchè cessa dall'apparire quando la candela arriva nel fóco principale f. Tutto questo facilmente s'intende se si rifletta che lo specchio concavo rende i raggi tanto meno convergenti quanto più divergenti li riceve, e li rende paralleli se li riceve dal foco

principale. Il rovesciamento dell'imagine è l'effetto dell' intersecarsi e incrociarsi de' raggi che concorrono a formarla.

Finalmente se la candela si ponga fra lo specchio ed il foco principale, anche i raggi riflessi saranno divergenti e per conseguenza non si formerà l'imagine reale; ma come accade con gli specchi piani, se si collochi l'occhio nella direzione de' raggi riflessi AO, BO, si vedrà l'imagine virtuale dietro lo specchio. Questa imagine è diritta, e tanto maggiore dell'oggetto quanto l'oggetto si trova più vicino al foco principale.



Negli specchi convessi le imagini sono sempre virtuali, e più piccole degli oggetti; poichè la imagine L'P' d'un oggetto LP si vede dall'occhio nella direzione de' raggi riflessi AO, BO, che convergono maggiormente dei rag-

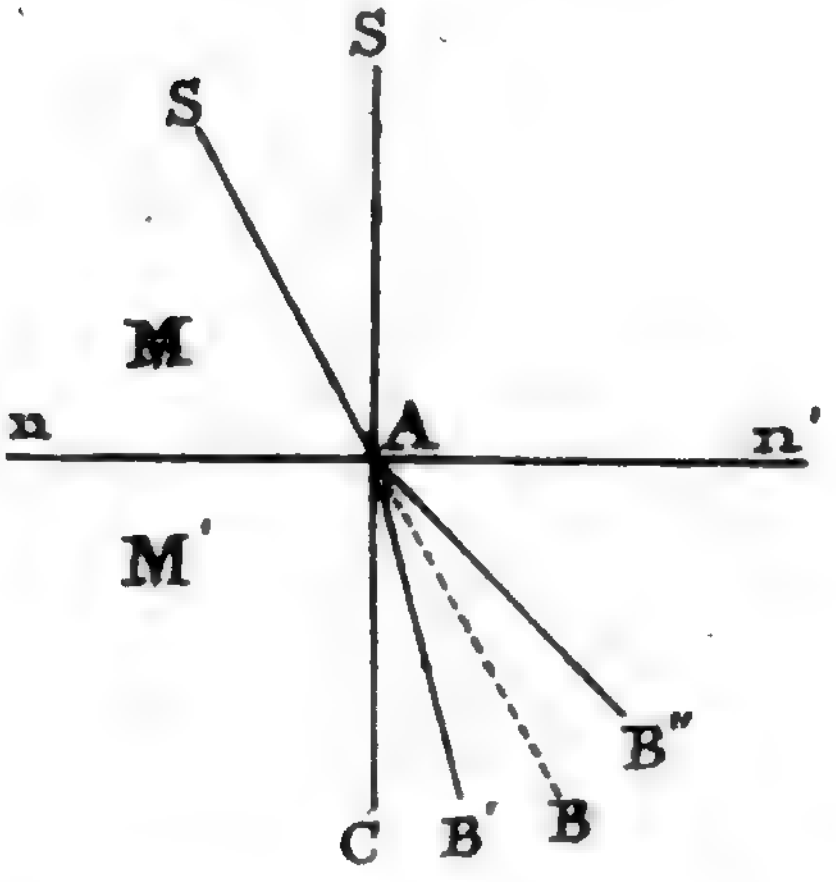


gi incidenti LA , PB .

Articolo 2.

Della rifrazione de' raggi

374 . La direzione rettilinea , che conservano i raggi finche' si muovono nello stesso mezzo (368), viene per lo piu cangiata quando passano da un mezzo all'altro. Questo cangiamento di direzione che soffrono i raggi nscendo da un mezzo e penetrando in un altro chiamasi rifrazione. Rappresenti nn' la superficie che divide due mezzi diafani M, M' di diversa natura e densita , e sia SA la direzione d'un raggio incidente sulla superficie medesima. Se SA e' normale ad nn', il raggio SA giunto in A continua a muoversi per AC senza cambiare direzione ; se



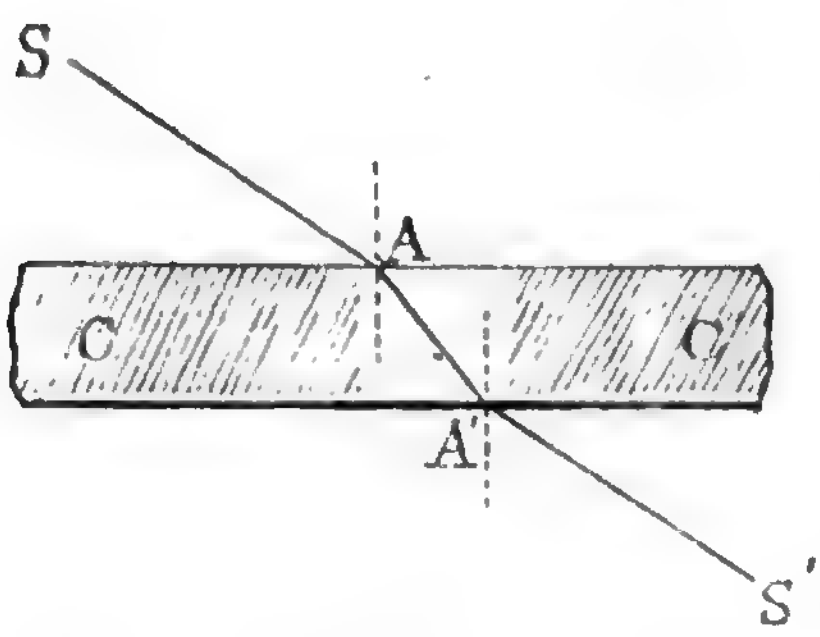
poi SA è obliquo ad nn', giunto in A non seguita a muoversi per AB; ma o si accosta alla normale AC prendendo la direzione AB', ovvero se ne discosta andando per AB": dunque „ la rifrazione non ha luogo quando i „ raggi cadono normali, ma solamente quando cadono obliqui sulla superficie che divide due mezzi di diversa natura o densità.

I raggi AB', AB" si chiamano raggi rifratti. Se il raggio rifratto si accosta alla normale AC, ossia se prende la direzione AB', il mezzo M' dicesi più rifrangente di M; viceversa dicesi M più rifrangente di M', se il raggio rifratto si discosta da quella normale ossia se prende la direzione AB".

Il fenomeno della rifrazione è una conseguenza che il calcolo de' moti vibratorii deduce dal maggior ritardo sofferto dalla luce nei mezzi più rifrangenti. Nel sistema dell'emissione a spiegare il fenomeno della rifrazione si supponeva invece che la velocità della luce fosse maggiore ne' mezzi più rifrangenti. Tale supposizione viene dimostrata falsa dall'esperienza (366).

In generale i mezzi più densi sono più rifrangenti. L'aria meno rarefatta rifrange maggiormente della più rarefatta, e l'acqua fredda è più rifrangente della calda. Ma se i due mezzi non sono della stessa natura, il più denso non è sempre il più rifrangen

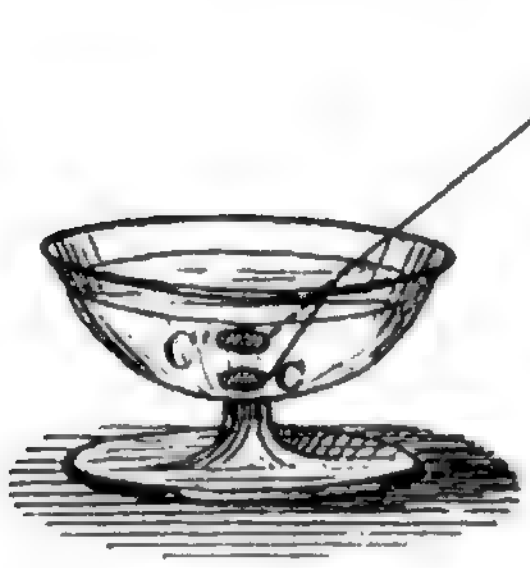
te. Così p. e. sebbene l'acqua rifranga più dell'aria, pure l'alcool e l'etere rifrangono più dell'acqua. In ogni caso però se il raggio SA. passando dal mezzo M nel mezzo M' si accosta alla normale AC, altrettanto si discosta dalla stessa normale se dal mezzo M' passa nel mezzo M, e viceversa. Quindi è che un raggio SA attraversando un mezzo CC' terminato da facce parallele p. e. una lastra di cristallo, nell'uscire prende la direzione A'S' parallela alla direzione del raggio incidente SA.

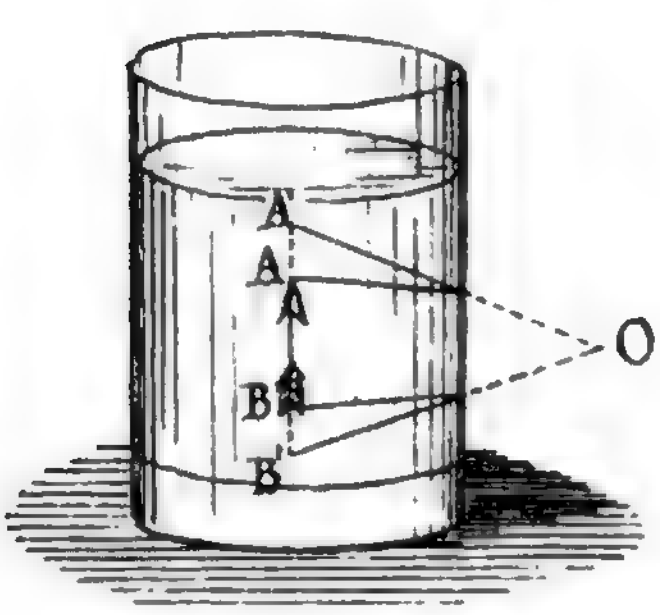


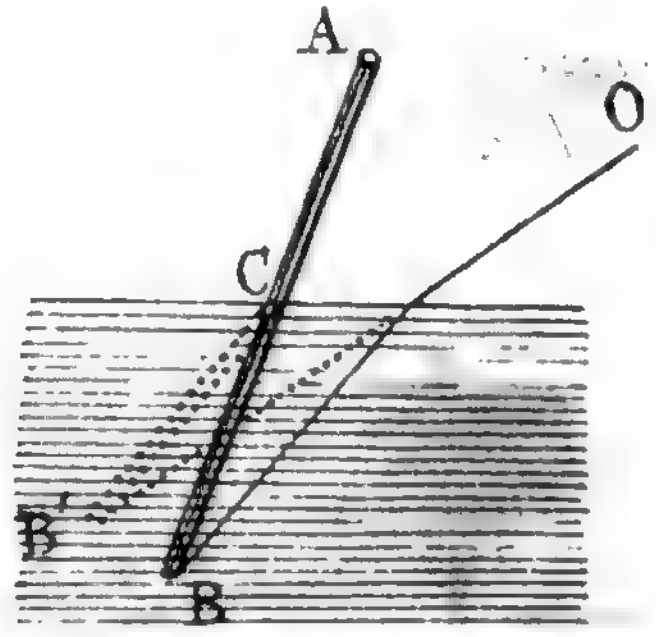
375. I raggi calorifici oscuri si rifrangono come i luminosi. Ciò si dimostra collocando un vaso di acqua bollente o una piastra metallica calda ma oscura a certa distanza da un termomoltiplicatore. Se la sorgente calorifica è fuori della direzione dell'asse del tubo che cinge la pila, i raggi oscuri non giungono a questa e l'ago resta a zero. Posto adesso presso la bocca del tubo un prisma di salgemma rivolto di maniera che se i raggi oscuri sono soggetti alla legge di rifrazione debbano entrare nel tubo, l'ago si pone tosto in moto, e torna a zero subito che si cambia la posizione del prisma; onde si vede che l'effetto non è dovuto al riscaldar

si del salgemma.

376. Dalla rifrazione dipendono molti ov vî e curiosi fenomeni. Una moneta C collocata nel fondo di un vaso in maniera che non possa esser veduta dall'occhio O di un osservatore, si rende visibile in C' tosto che il vaso viene riempiuto d'acqua. Per la stessa ragione le acque de' fiumi e degli stagni sembrano meno profonde di quello che sono; ed un oggetto AB totalmente immerso in un va





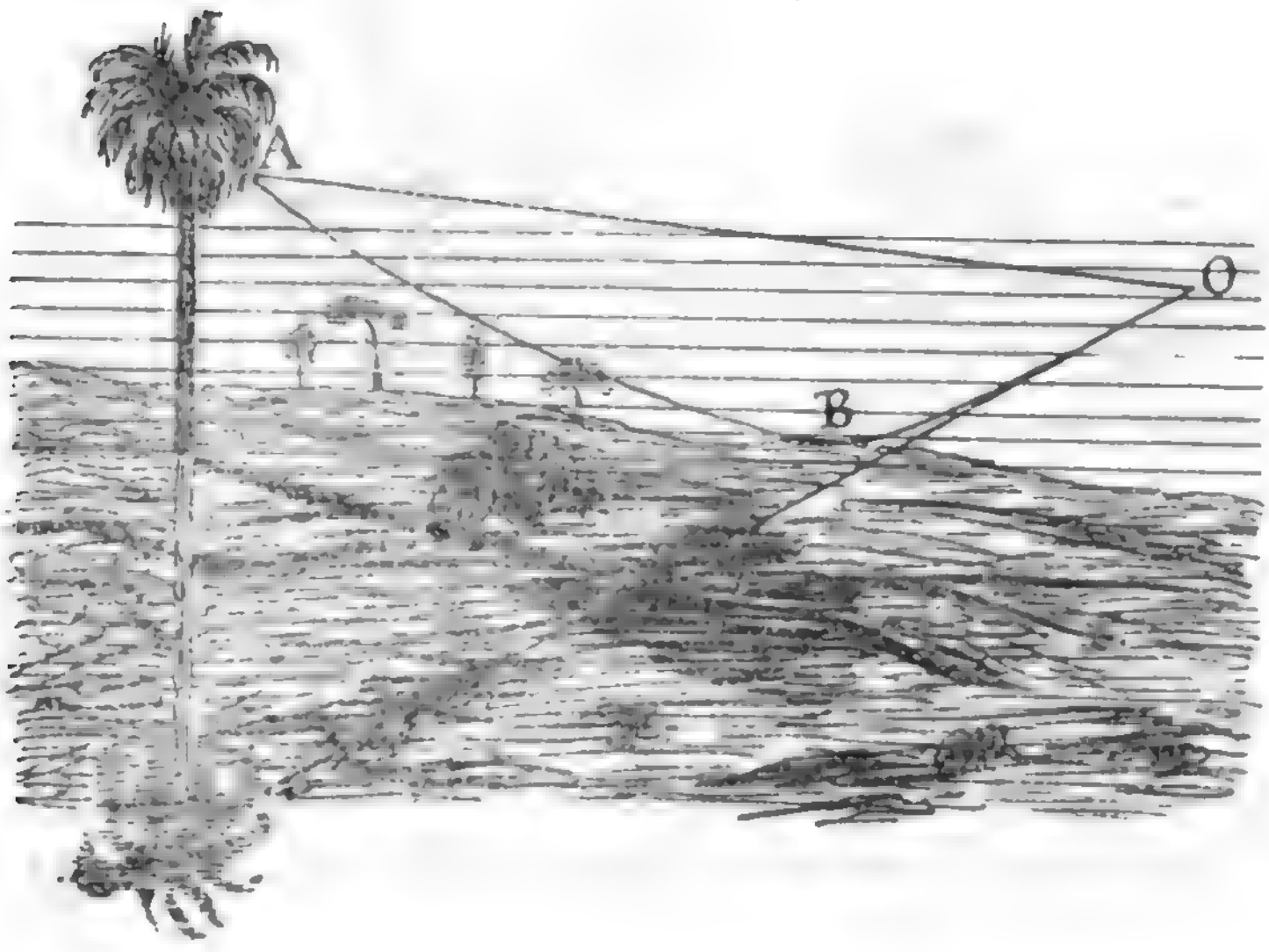


so pieno di acqua apparisce maggiore del vero, ed apparisce invece spezzato se una sola porzione CB pesca obliquamente nel liquido.

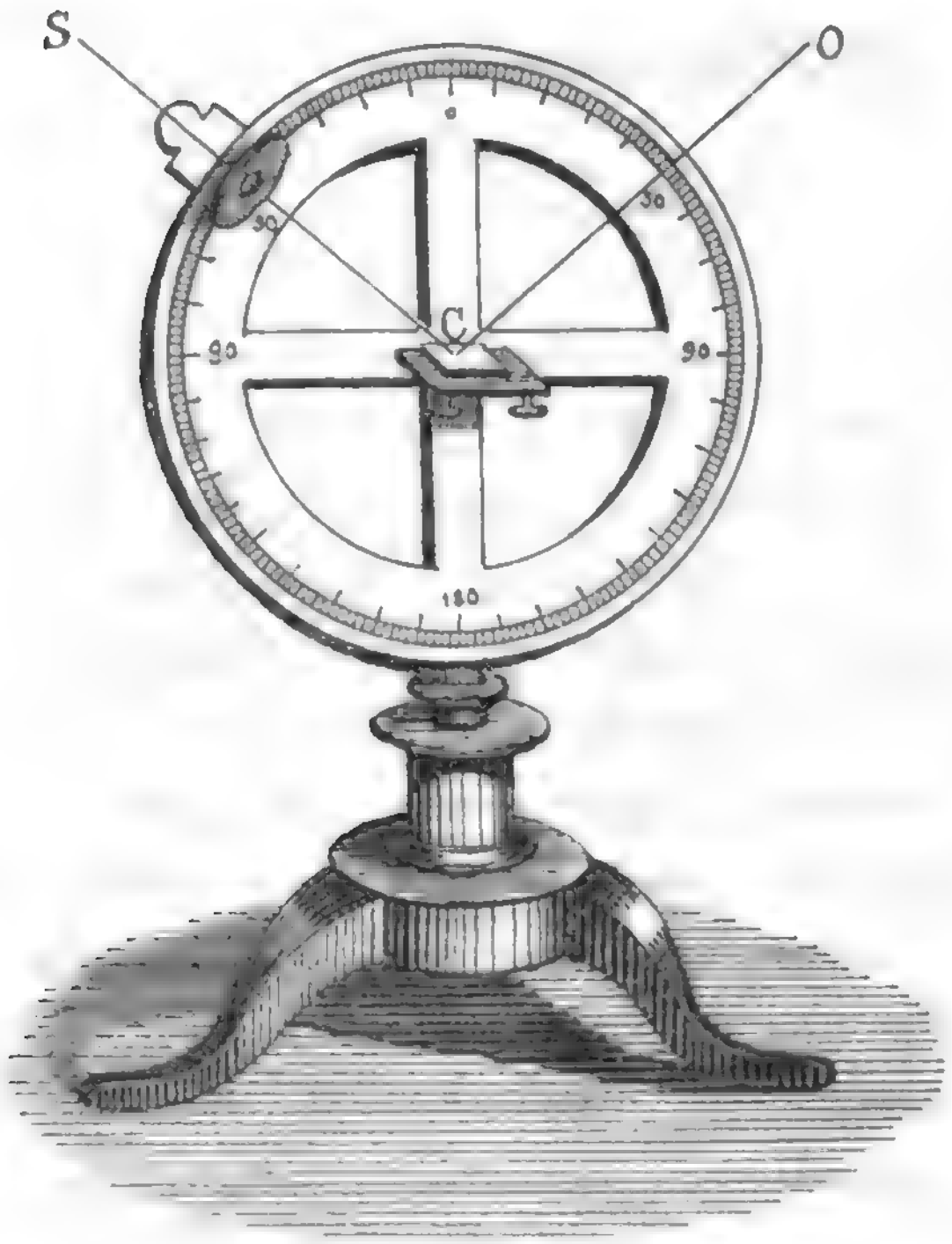
Anche più curiosi sono i fenomeni che presenta la rifrazione atmosferica, allorchè gli inferiori strati dell'aria vengono straordinariamente a condensarsi o rarefarsi. Il sole e gli

altri astri non solo appariscono sopra l'orizzonte quando in realtà sono già tramontati ; ma la luna si è talora veduta ecclissata, mentre il sole splendeva ancora sull'orizzonte. Nelle regioni polari il sole si è mostrato sull'orizzonte fino a 17 giorni prima del tempo in cui sarebbe comparso senza una densità straordinaria cagionata nell'aria dal freddo. In tali luoghi freddissimi il sole e la luna spesso si veggono nascere o tramontare in forma di ellissi molto schiacciate La parte inferiore dell'astro rispondendo a strati di aria molto più densi, appare più elevata della parte superiore, e perciò l'asse verticale sembra minore dell'orizzontale.

I terreni aridi e sabbiosi riscaldati dal Sole



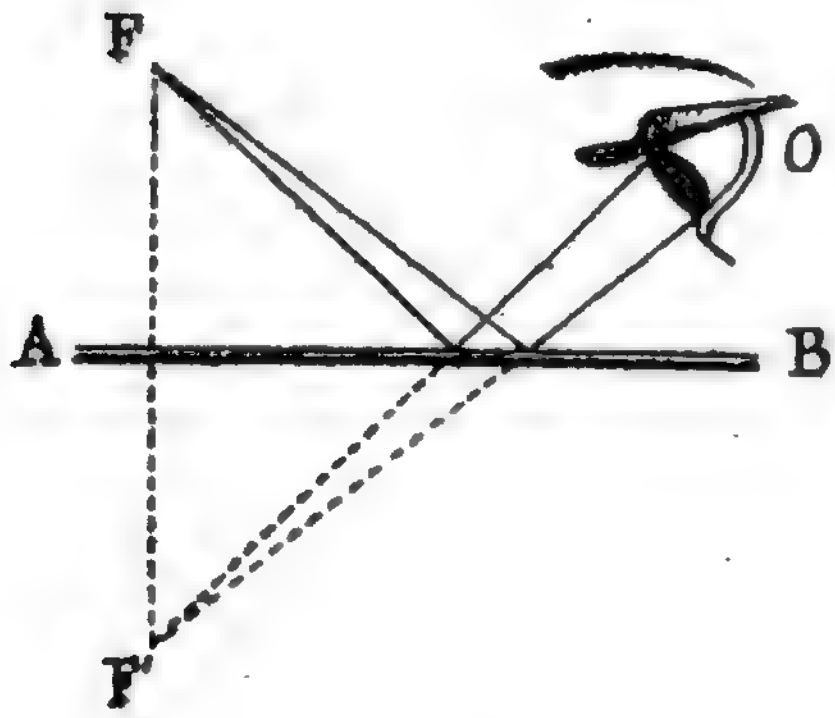
cidente SC ed il riflesso OC si trovano in uno stesso piano normale alla superficie riflettente e formano eguali gli angoli d' incidenza e di riflessione. Que-



sta legge si verifica sempre qualunque sia la natura, la forma ed il grado di pulimento del corpo che riflette. Le denominazioni di riflessione regolare ed irregolare anche in questo caso (184) si riferiscono unicamente alla disposizione relativa de' raggi componenti il fascetto riflesso. Se questi raggi sono tutti diretti verso la medesima parte la riflessione dicesi regolare, altrimenti si appella irregolare. E' manifesto che la riflessione regolare non può aver luogo che sui corpi perfettamente lisci e privi di scabrezza. Che se la superficie del corpo riflettente oltre ad essere perfettamente li-

cia, sia anche piana, tutti i raggi che compongo no il fascetto riflesso conserveranno gli uni relativamente agli altri il medesimo parallelismo, ovvero la medesima divergenza o convergenza che avevano prima di riflettersi: quindi è che le imagini vedute per la riflessione sulle superficie piane hanno la stessa forma e dimensioni degli oggetti.

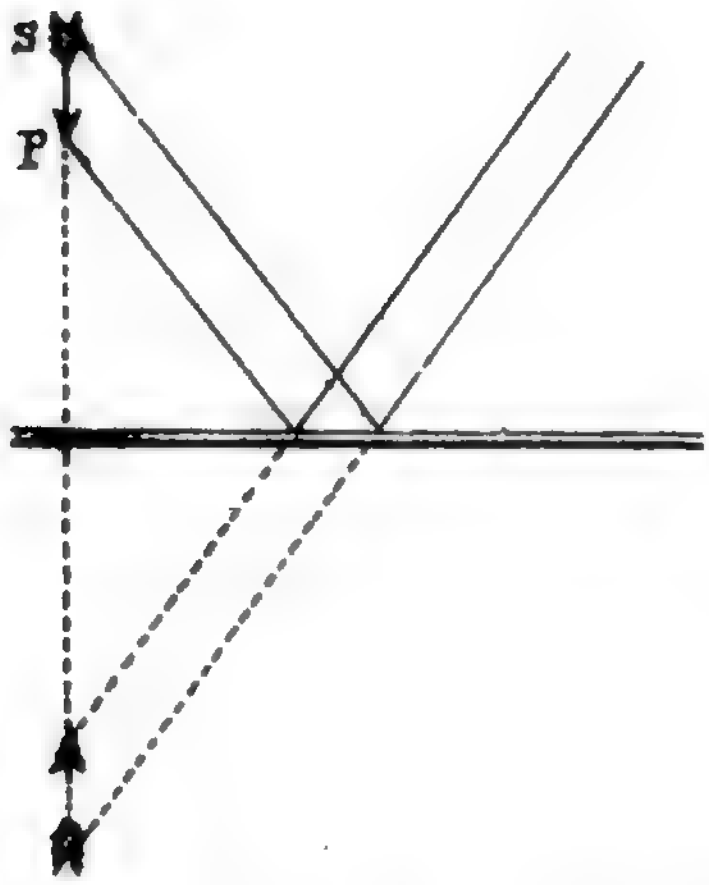
371. I corpi che fanno vedere per riflessione le imagini degli oggetti diconsi specchi. Se ad una superficie piana e specolare AB si presenti un oggetto F, l'occhio collocato in O nella direzione dei raggi riflessi riceverà l'imagine di F; e siccome le imagini, che si dipingono



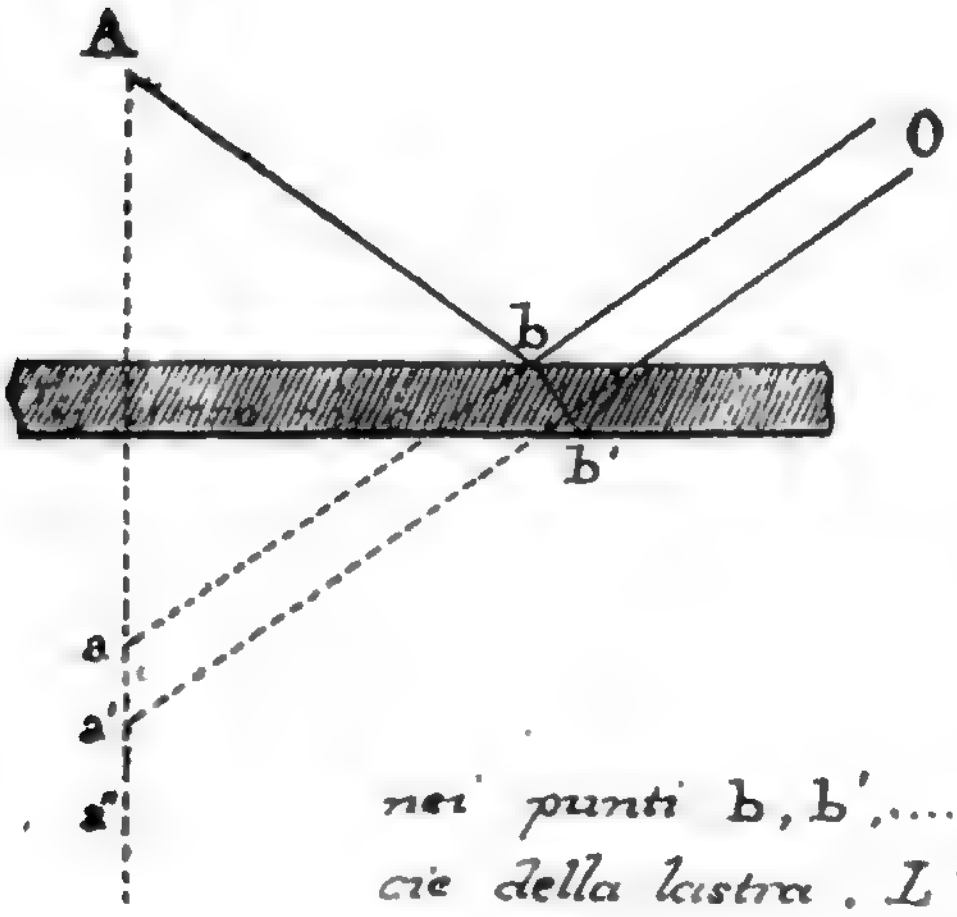
nei nostri occhi, noi naturalmente le riferiamo al luogo donde sarebbero partiti i raggi se fossero venuti in direzione rettilinea, perciò l'imagine virtuale di F si vedrà in F', ossia in quel punto della normale FF' che è tanto dietro lo specchio quanto F è davanti. L'imagine F' dicesi virtuale per far intendere che non è formata dall'attuale riunione de' raggi riflessi, ma dall'ideale prolungamento

delle loro direzioni.

Non deve dunque far meraviglia se l'imagine di un oggetto ps riflessa dall'acqua o da qualunque altra superficie specolare sembra rovesciata, poichè il punto s che è più lontano di p dalla superficie specolare si riferirà in s' parimenti più lontano di p' dalla superficie medesima.



Nei corpi diafani e semitrasparenti la riflessione si fa eziandio alla superficie posteriore, anche nel caso che dopo tal superficie sia il vuoto e non l'aria. Collocato un oggetto luminoso A in vicinanza d'una lastra di cristallo, l'occhio che si trova in O vede più imagini a, a'..... dovute alle riflessioni che si fanno nei punti b, b',.... delle due superficie della lastra. L'intensità della lu-



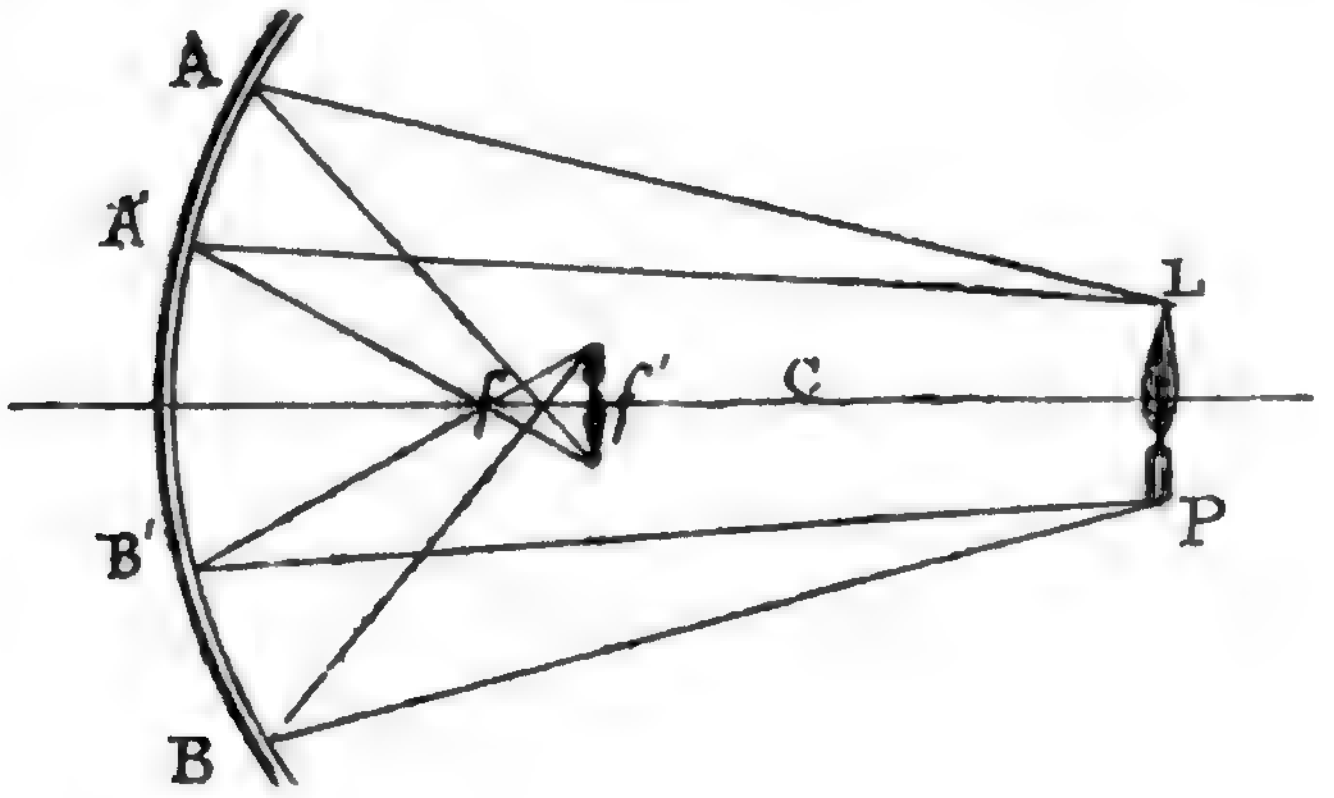
ce di tali imagini va diminuendo ad ogni riflessione; ma il numero delle imagini visibili cresce a misura che cresce l'obliquita' del raggio **Ab**. Questo fatto e' sufficiente a dimostrare che la quantita' di luce riflessa e' tanto piu' grande quanto maggiore e' l'obliquita' dei raggi incidenti.

Gli specchi piani sono molto adoperati per dare ai raggi una direzione determinata. Allorche' si vuole mantenere per lungo tempo nella medesima direzione un fascetto di raggi solari, e' necessario comunicare allo specchio un movimento continuo che compensi il moto apparente del sole. Cio' si ottiene mediante un meccanismo analogo a quello degli orologi, e l'apparato porta il nome di **eliostata**.

372. Anche le superficie curve purche' siano ben levigate possono essere specolari. Gli specchi curvi piu' comunemente usati sono gli sferici ed i parabolici. Se la concavita' di uno

specchio sferico si presenti ai raggi solari, si osserva che i raggi riflessi vanno ad unirsi e a

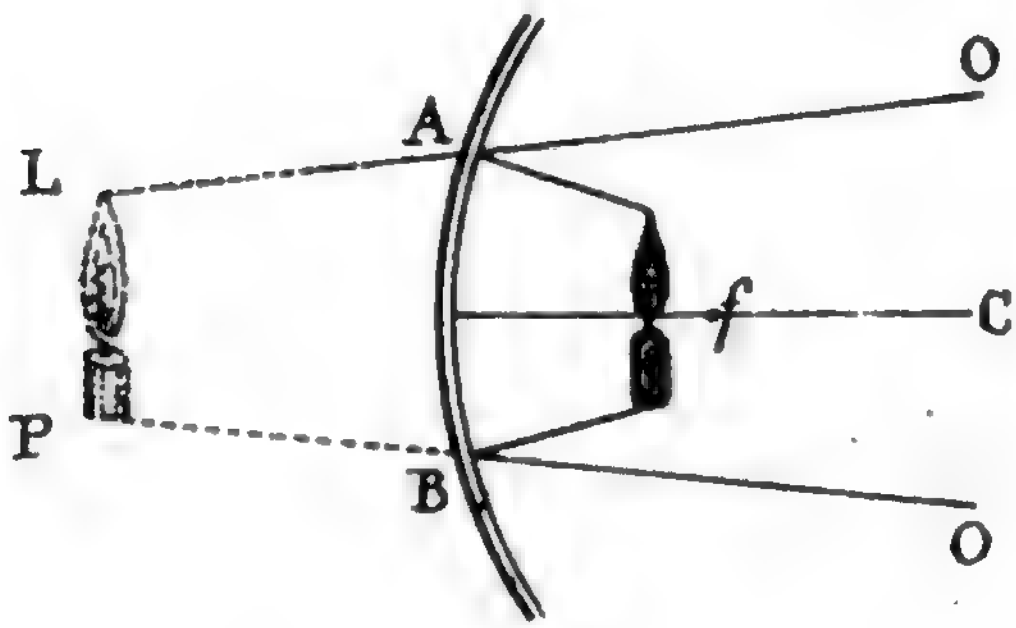
la fiamma L di una candela, od altro oggetto che mandi sullo specchio i suoi raggi nel-



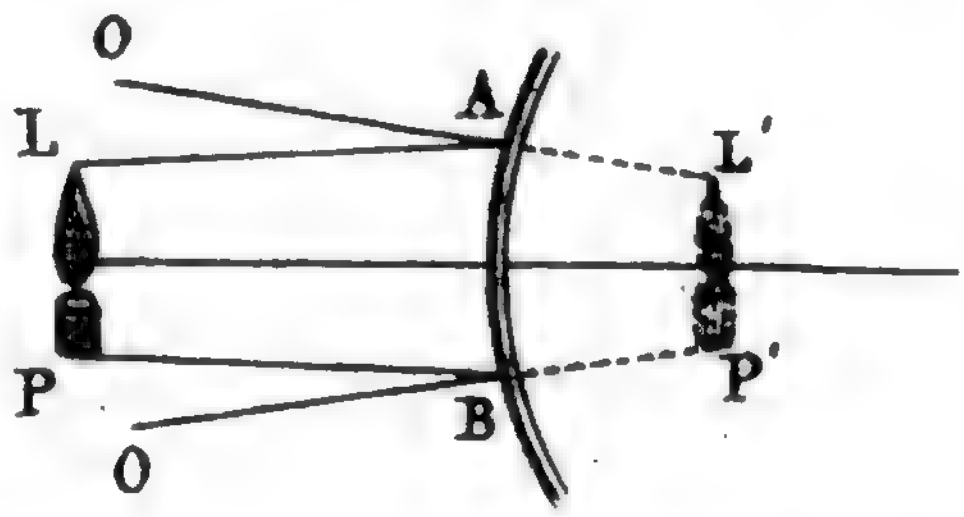
le direzioni divergenti LA, LA', PB, PB', in tal caso l'imagine apparisce rovesciata in un punto f' fra il centro C di curvatura ed il fòco principale f. Il punto f' appellasi fòco coniugato, per indicare che la sua posizione dipende dalla distanza del corpo luminoso. Accostandosi la candela al centro C, anche l'imagine vi si accosta; ed arrivata in C la candela, l'imagine coincide coll'oggetto. Se la candela continua ad accostarsi allo specchio, l'imagine sempre più se ne allontana, finchè cessa dall'apparire quando la candela arriva nel fòco principale f. Tutto questo facilmente s'intende se si rifletta che lo specchio concavo rende i raggi tanto meno convergenti quanto più divergenti li riceve, e li rende paralleli se li riceve dal foco

principale. Il rovesciamento dell'imagine e' l'effetto dell' intersecarsi e incrociarsi de' raggi che concorrono a formarla.

Finalmente se la candela si ponga fra lo specchio ed il foco principale, anche i raggi riflessi saranno divergenti e per conseguenza non si formerà l'imagine reale; ma come accade con gli specchi piani, se si collochi l'occhio nella direzione de' raggi riflessi AO, BO, si vedrà l'imagine virtuale dietro lo specchio. Questa imagine e' diritta, e tanto maggiore dell'oggetto quanto l'oggetto si trova piu' vicino al foco principale.



Negli specchi convessi le imagini sono sempre virtuali, e piu' piccole degli oggetti; poiche' la imagine L'P' d'un oggetto LP si vede dall' occhio nella direzione de' raggi riflessi AO, BO, che convergono maggiormente dei rag-

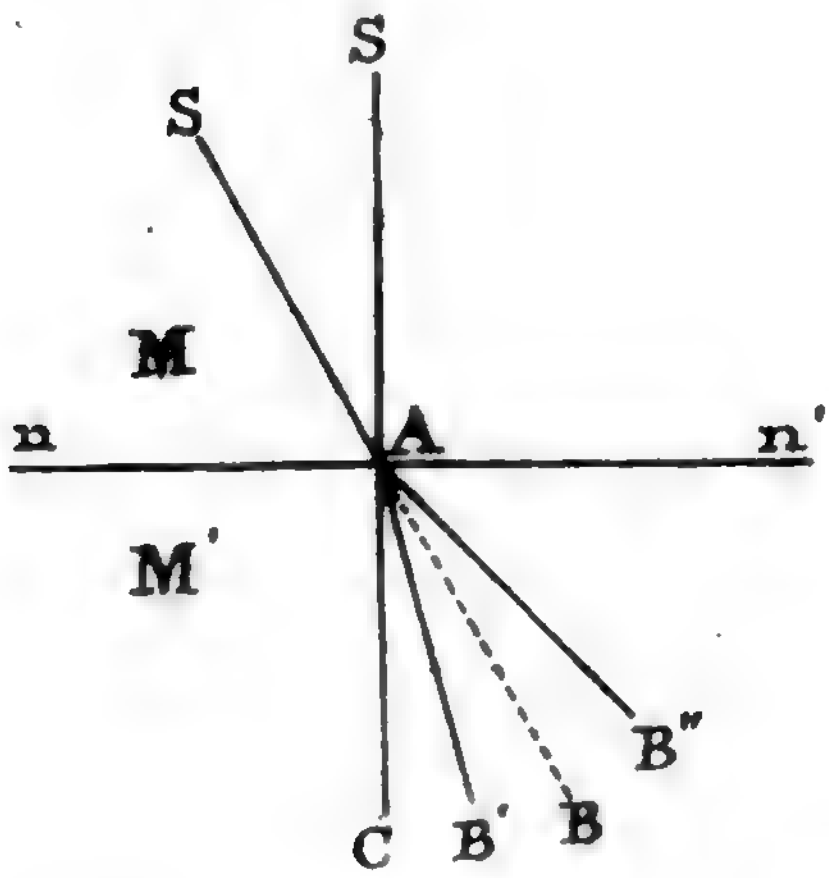


gi incidenti LA , PB.

Articolo 2.

Della rifrazione de' raggi

374. La direzione rettilinea, che conservano i raggi finchè si muovono nello stesso mezzo (368), viene per lo più cangiata quando passano da un mezzo all'altro. Questo cangiamento di direzione che soffrono i raggi uscendo da un mezzo e penetrando in un altro chiamasi rifrazione. Rappresenti nn' la superficie che divide due mezzi diafani M, M' di diversa natura e densità, e sia SA la direzione d'un raggio incidente sulla superficie medesima. Se SA è normale ad nn', il raggio SA giunto in A continua a muoversi per AC senza cambiare direzione; se



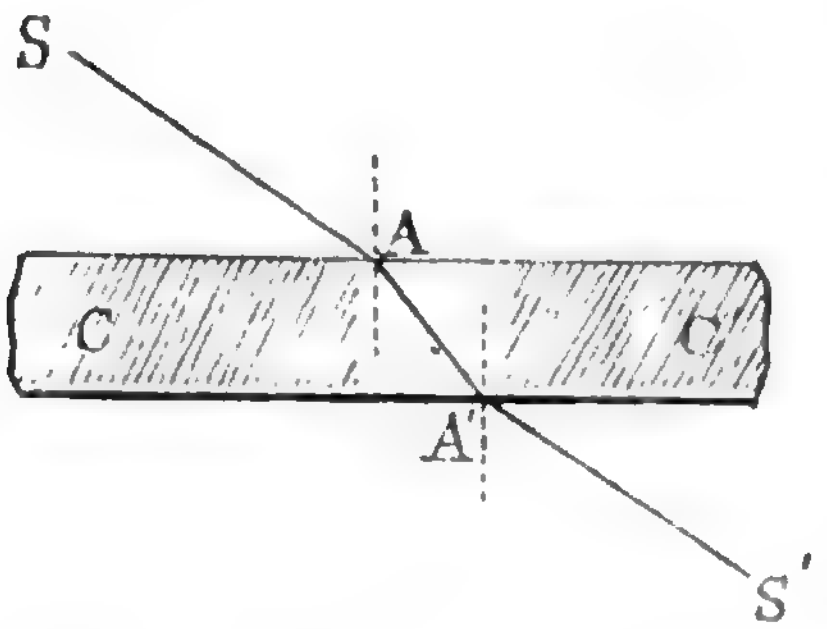
poi SA e' obliquo ad nn', giunto in A non seguita a muoversi per AB; ma o si accosta alla normale AC prendendo la direzione AB', ovvero se ne discosta andando per AB": dunque » la rifrazione non ha luogo quando i » raggi cadono normali, ma solamente quando cadono obliqui sulla superficie che divide due mezzi di diversa natura o densità.

I raggi AB', AB" si chiamano raggi rifratti. Se il raggio rifratto si accosta alla normale AC, ossia se prende la direzione AB', il mezzo M' dicesi più rifrangente di M; viceversa dicesi M più rifrangente di M', se il raggio rifratto si discosta da quella normale ossia se prende la direzione AB".

Il fenomeno della rifrazione è una conseguenza che il calcolo de' moti vibratorii deduce dal maggior ritardo sofferto dalla luce nei mezzi più rifrangenti. Nel sistema dell'emissione a spiegare il fenomeno della rifrazione si supponeva invece che la velocità della luce fosse maggiore ne' mezzi più rifrangenti. Tale supposizione viene dimostrata falsa dall'esperienza (366).

In generale i mezzi più densi sono più rifrangenti. L'aria meno rarefatta rifrange maggiormente della più rarefatta, e l'acqua fredda è più rifrangente della calda. Ma se i due mezzi non sono della stessa natura, il più denso non è sempre il più rifrangen

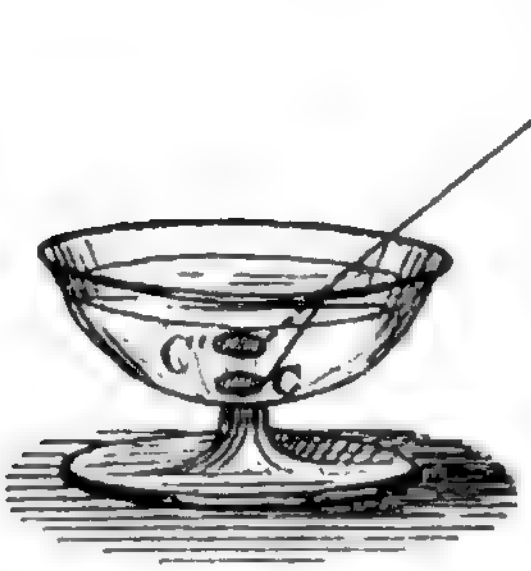
te. Così p. e. sebbene l'acqua rifranga più dell'aria, pure l'alcool e l'etere rifrangono più dell'acqua. In ogni caso però se il raggio SA. passando dal mezzo M nel mezzo M' si accosta alla normale AC, altrettanto si discosta dalla stessa normale se dal mezzo M' passa nel mezzo M, e viceversa. Quindi è che un raggio SA. attraversando un mezzo CC' terminato da facce parallele p. e. una lastra di cristallo, nel uscire prende la direzione A'S' parallela alla direzione del raggio incidente SA.

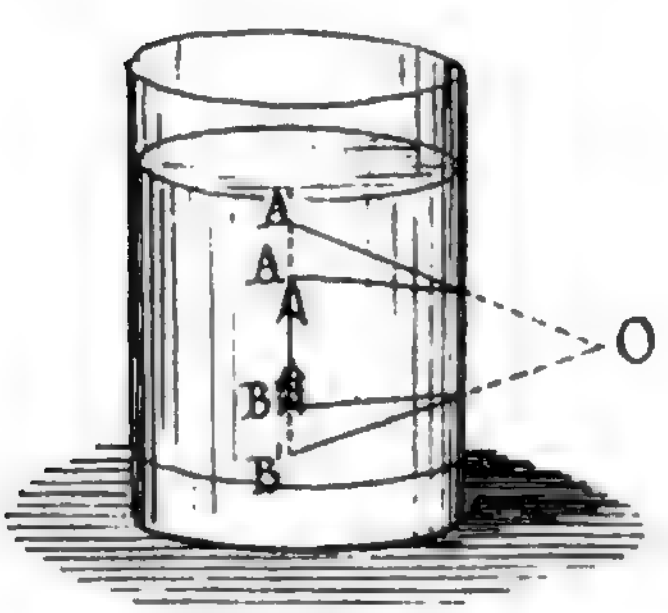


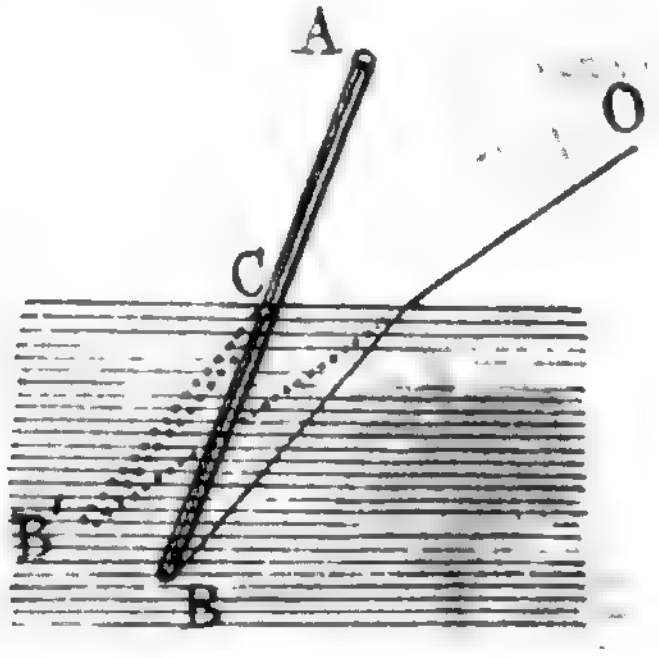
375. I raggi calorifici oscuri si rifrangono come i luminosi. Ciò si dimostra collocando un vaso di acqua bollente o una piastra metallica calda ma oscura a certa distanza da un termomoltiplicatore. Se la sorgente calorifica è fuori della direzione dell'asse del tubo che cinge la pila, i raggi oscuri non giungono a questa e l'ago resta a zero. Posto adesso presso la bocca del tubo un prisma di salgemma rivolto di maniera che se i raggi oscuri sono soggetti alla legge di rifrazione debbano entrare nel tubo, l'ago si pone tosto in moto, e torna a zero subito che si cambia la posizione del prisma; onde si vede che l'effetto non è dovuto al riscaldar-

si del salgemma.

376. Dalla rifrazione dipendono molti ov vi e curiosi fenomeni. Una moneta C collocata nel fondo di un vaso in maniera che non possa esser veduta dall'occhio O di un osservatore, si rende visibile in C' tosto che il vaso viene riempiuto d'acqua. Per la stessa ragione le acque de' fiumi e degli stagni sembrano meno profonde di quello che sono; ed un oggetto AB totalmente immerso in un va





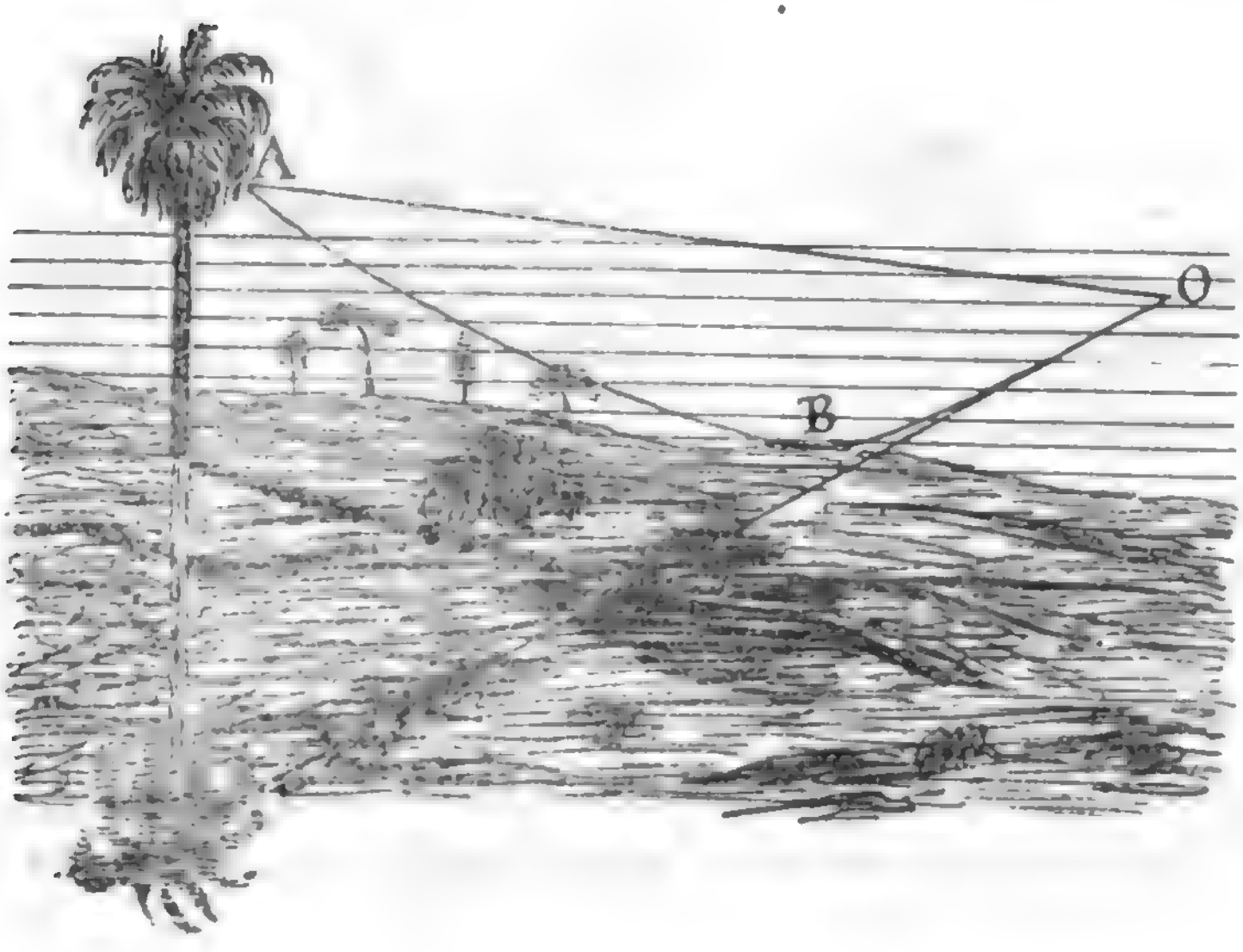


so pieno di acqua apparisce maggiore del vero, ed apparisce invece spezzato se una sola porzione CB pesca obliquamente nel liquido.

Anche più curiosi sono i fenomeni che presenta la rifrazione atmosferica, allorchè gli inferiori strati dell'aria vengono straordinariamente a condensarsi o rarefarsi. Il sole e gli

altri astri non solo appariscono sopra l'orizzonte quando in realtà sono già tramontati ; ma la luna si è talora veduta ecchissata, mentre il sole splendeva ancora sull'orizzonte. Nelle regioni polari il sole si è mostrato sull'orizzonte fino a 17 giorni prima del tempo in cui sarebbe comparso senza una densità straordinaria cagionata nell'aria dal freddo. In tali luoghi freddissimi il sole e la luna spesso si veggono nascere o tramontare in forma di ellissi molto schiacciate La parte inferiore dell'astro rifrondendo a strati di aria molto più densi, appare più elevata della parte superiore, e perciò l'asse verticale sembra minore dell'orizzontale.

I terreni aridi e sabbiosi riscaldati dal Sole

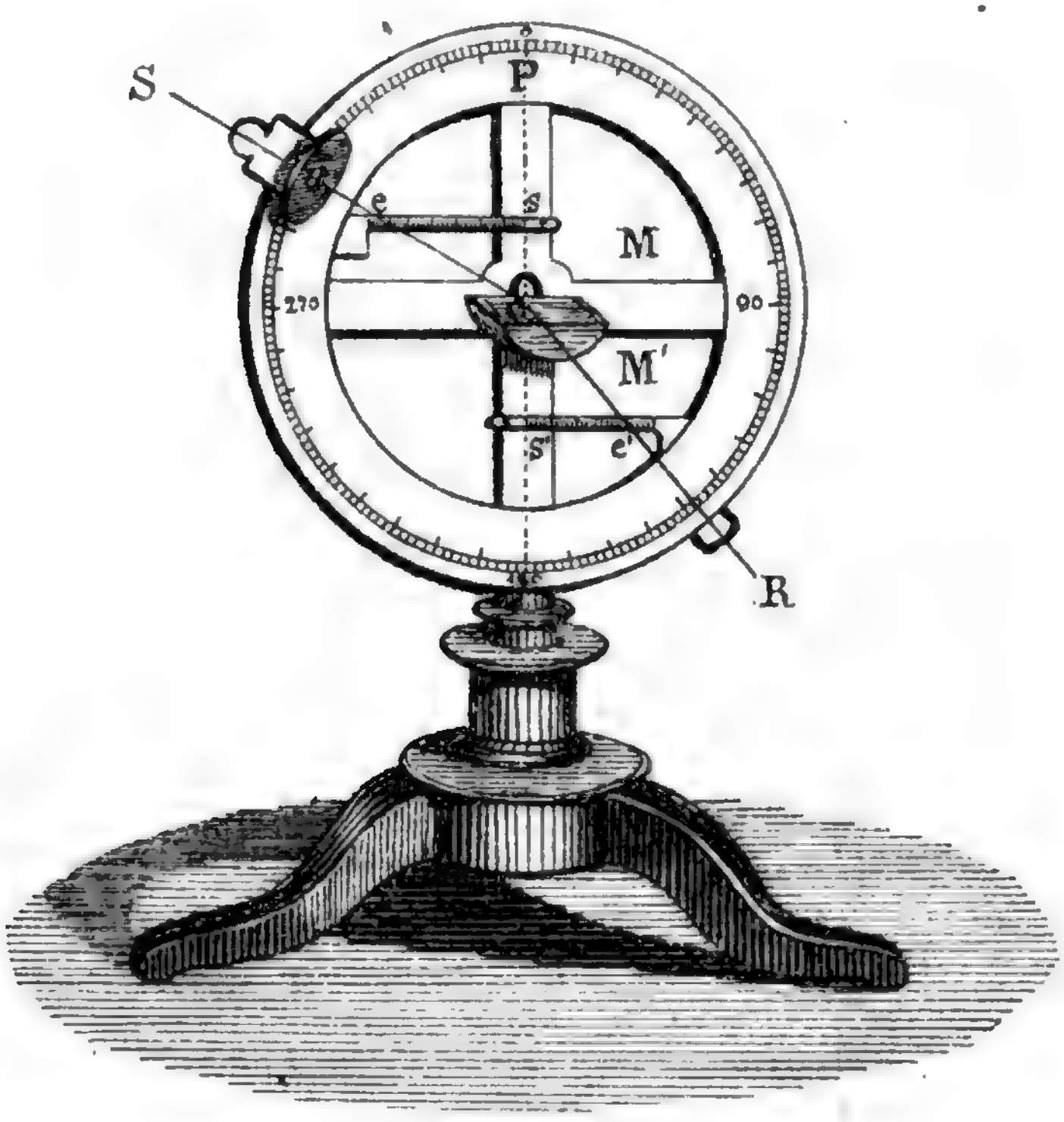


ffrono talvolta l'aspetto d'una inondazione. Fra i raggi emanati dal punto A alcuni vanno direttamente all'occhio O dello spettatore, altri, come AB, si dirigono verso il suolo, ed incontrandosi in strati aerei sempre più rare fatti vi si rifrangono allontanandosi dalla verticale finchè si rialzano, rientrano negli strati superiori e giungono all'occhio dello spettatore che vede un'altra imagine rovesciata dell'oggetto, cinta dall'imagine parimenti rovesciata del cielo, come appunto accadrebbe in vicinanza delle acque. Questo fenomeno frequentissimo nel basso Egitto si appella miraglio.

Analoghe al miraglio sono quelle apparenze di oggetti anche lontanissimi che in alcuni luoghi appariscono nell'aria ed in ispecie sulla superficie delle acque del mare ad occasione di un cangiamento improvviso di temperatura. Se p. e. le acque del mare e per conseguenza gli strati d'aria che le toccano sieno molto più freddi degli strati aerei più elevati, non solo si potranno rendere visibili le navi ed altri oggetti situati al di sotto dell'orizzonte, ma i raggi emanati da questi oggetti potranno per più vie arrivare e così dipingere più imagini nell'occhio di un osservatore.

377. Nella rifrazione de' raggi luminosi si osservano queste due leggi: **1°** „ il raggio incidente ed il refratto sono compresi nello stes

„ so piano ; 2°. il rapporto fra il seno dell'an
„ golo d'incidenza ed il seno dell'angolo di
„ rifrazione è costante sotto tutte le incidenze
„ per gli stessi due mezzi . „ Per dimostrarle, normalmente alla superficie che divide i due mezzi M , M' si applica un cerchio graduato



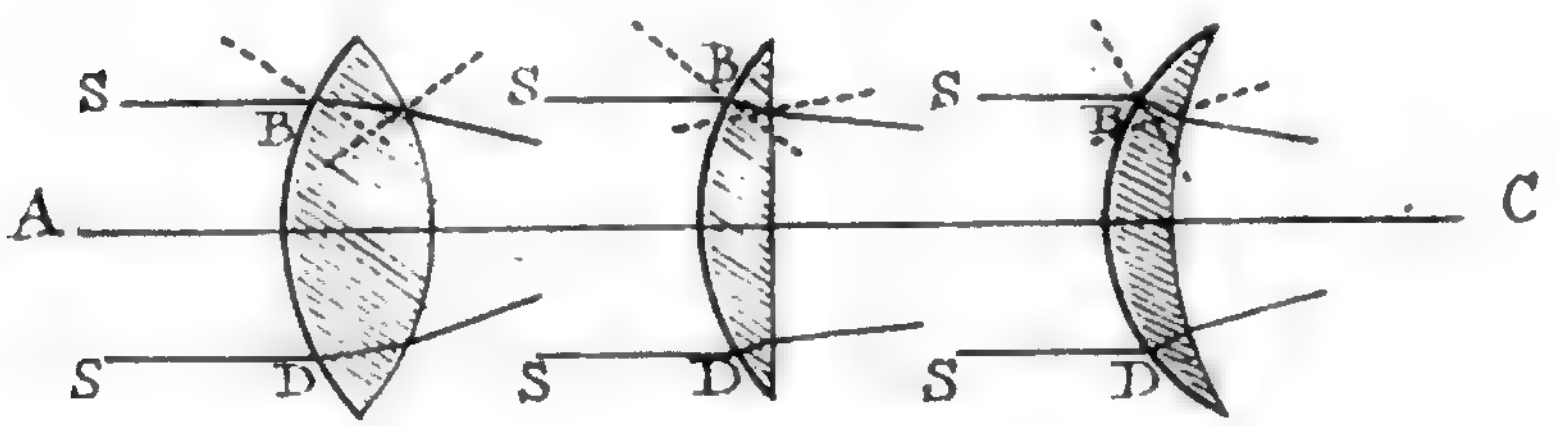
sulla direzione del raggio incidente SC, di ma
niera che il centro C del cerchio coincida col
punto in cui si opera la rifrazione, e si osser
va che il raggio rifratto CR è anch'esso colloca

to nel primo del cerchio. Quindi misurati i seni se, s'e', si trova che il rapporto $\frac{se}{s'e'}$ non varia all'variare dell'angolo SCP. Il rapporto $\frac{se}{s'e'}$ si chiama indice di rifrazione del mezzo M' per rapporto al mezzo M; ed e' di $\frac{4}{3}$ per l'acqua e di $\frac{3}{2}$ pel vetro, ambedue relativamente all'aria atmosferica. Allorche' si conoscono gl'indici di rifrazione n, n' di due mezzi per rapporto ad uno stesso mezzo M, e' manifesto che l'indice del secondo mezzo relativamente al primo sara' $\frac{n'}{n}$, ed $\frac{n}{n'}$ sara' l'indice del primo relativamente al secondo. La tavola seguente mostra gl'indici di alcune sostanze relativamente al vuoto.

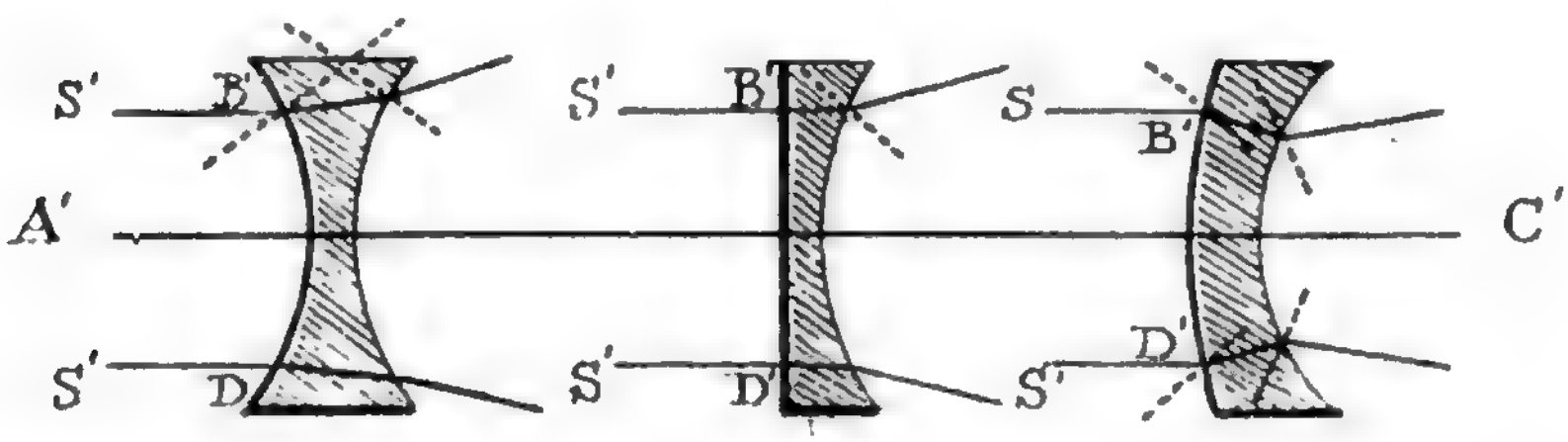
Flint-glass	1,60
Crown-glass (1)	1,63
Alcool	1,37
Etere solforico	1,36
Acqua	1,33
Aria atmosferica	1,0003

(1). Chiamasi crown-glass o crown il vetro comune inglese, e flint-glass o flint un vetro piu' limpido contenente non poco piombo.

378. *Su questi principii sono fondate le proprietà delle lenti, cioè di quei mezzi diafani che attesa la curvatura della loro superficie, fanno convergere o divergere i raggi che li attraversano. Le lenti che commemente si usano negli strumenti ottici sono sferiche, e si dividono in due classi. Alla prima appartengono quelle lenti che rifrangendo i raggi incidenti* SB, SD,



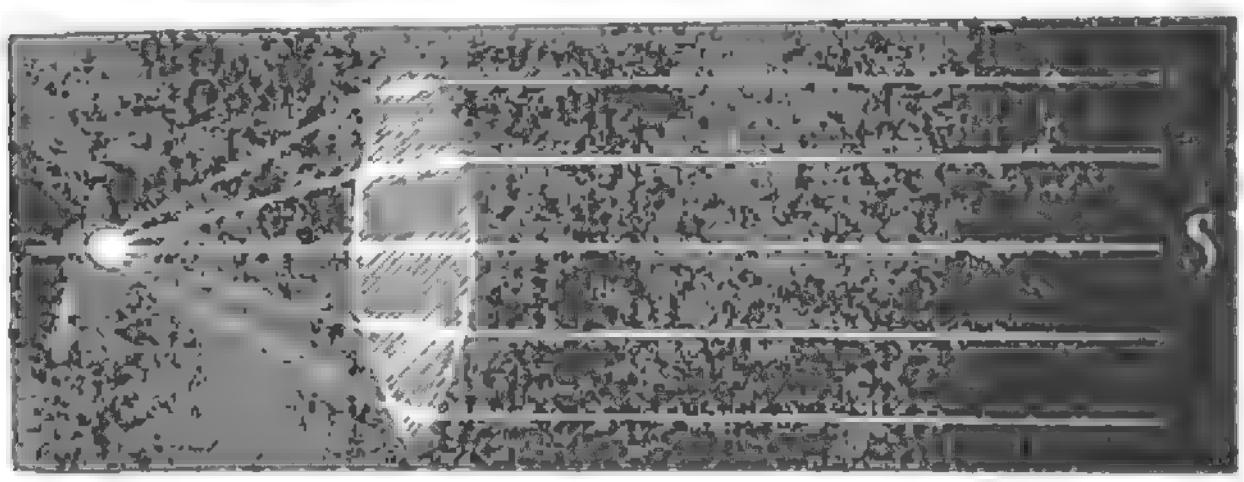
li fanno convergere verso l'asse AC, *eppero' si dicono convergenti. Tali sono le* biconvesse, *le* piano-convesse *e le* convesso-concave *nelle quali la convessità è maggiore della concavità; e che diconsi anche* menischi convergenti. *Tutte queste lenti sono più sottili all'estremità che al centro. — Alla seconda classe appartengono quelle*



le lenti che rifrangendo i raggi incidenti S'B', S'D',

li allontanano dall' asse AC' e diconsi diver-
genti. Tali sono le biconcave, le piano-conca-
ve e le concavo-convesse nelle quali la convessità è minore della concavità, e che si appel-
lano anche menischi divergenti. Queste lenti al
l'opposto delle precedenti sono più sottili al cen-
tro che all' estremità.

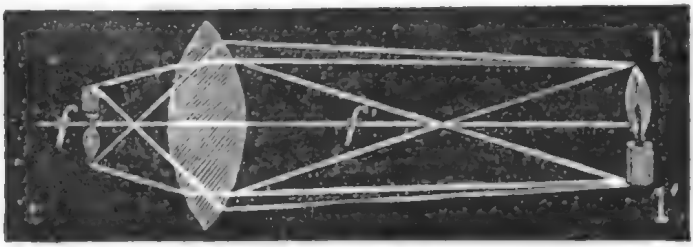
379. *Nelle lenti, come negli specchi, si chia-*
ma foco quel punto in cui i raggi rifratti van-
no ad unirsi, o vi andrebbero se venissero pro-
lungati. E' manifesto che le lenti divergenti
non possono mai avere un foco reale. Quanto
poi alle convergenti, l' esperienza dimostra che
queste lenti hanno sempre il foco reale, tran-
ne il caso che l'oggetto luminoso sia vicinis-
simo alla lente. Se una di tali lenti riceve
un fascetto di raggi solari, l'areola f ove si
riuniscono i raggi rifratti dicesi foco principa-



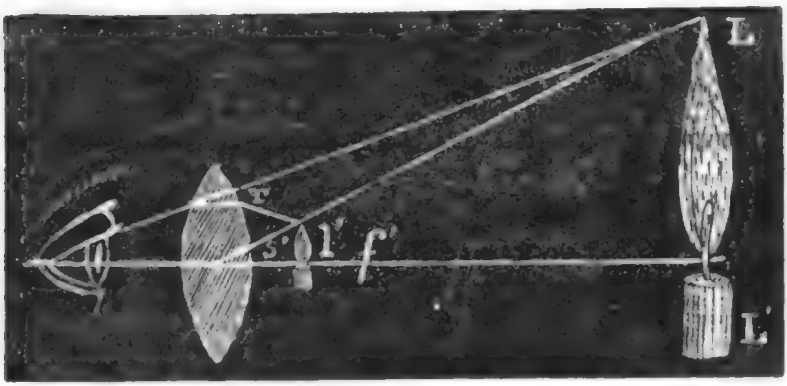
le. Ora s'intende perchè le lenti convergenti si
appellino anche ustorie; e perchè la fiamma
di una lucerna collocata nel foco principale f di
una lente convergente illumini gli oggetti a di-

stanza assai grande.

L'ircola f in cui si raccolgono i raggi solari altro non è che una piccola imagine del sole, appunto come negli specchi concavi. Che se un



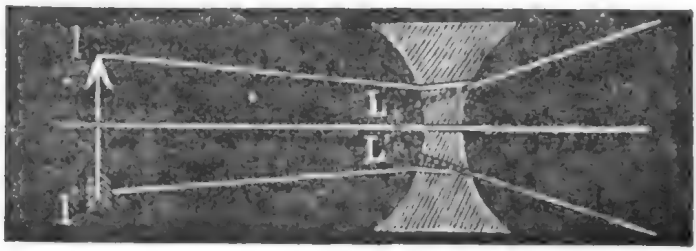
oggetto luminoso ll' non sia a tale distanza dalla lente che i raggi incidenti sieno paralleli, l'imagine si forma un poco al di là del foco principale f, è più piccola dell'oggetto e rovesciata. A misura poi che l'oggetto si accosta al foco f', l'imagine si discosta dal foco f ed ingrandisce. — Giunto l'oggetto fra il foco f' e la lente, l'imagine reale non si forma più,



92.

perchè i raggi incidenti lx, lx' emergono divergenti ; ma in tal caso un occhio collocato dietro della lente vede l'imagine virtuale LL' diritta, più grande e più lontana. L'ingrandimento è tanto maggiore quanto è maggiore la convessità della lente e minore la distanza dell'oggetto dal foco principale.

Nelle lenti divergenti l'imagine LL' di un oggetto ll', oltre ad essere virtuale, è anche sem



pre più piccola e più vicina dell'oggetto medesimo. La semplice inspezione della figura fa manifesta la verità di questo enunciato.

380. Fin qui abbiamo supposto che i raggi emanati da un punto luminoso, dopo essere stati rifratti da una lente, vadano tutti sensibilmente a concorrere in un punto comune. Ciò è vero solamente quando l'apertura della lente, ossia l'angolo che si ottiene congiungendo le sue estremità col foco principale, non superi i 10 o 12 gradi. In caso diverso i raggi che cadono presso l'estremità della lente si riuniscono prima di quelli che

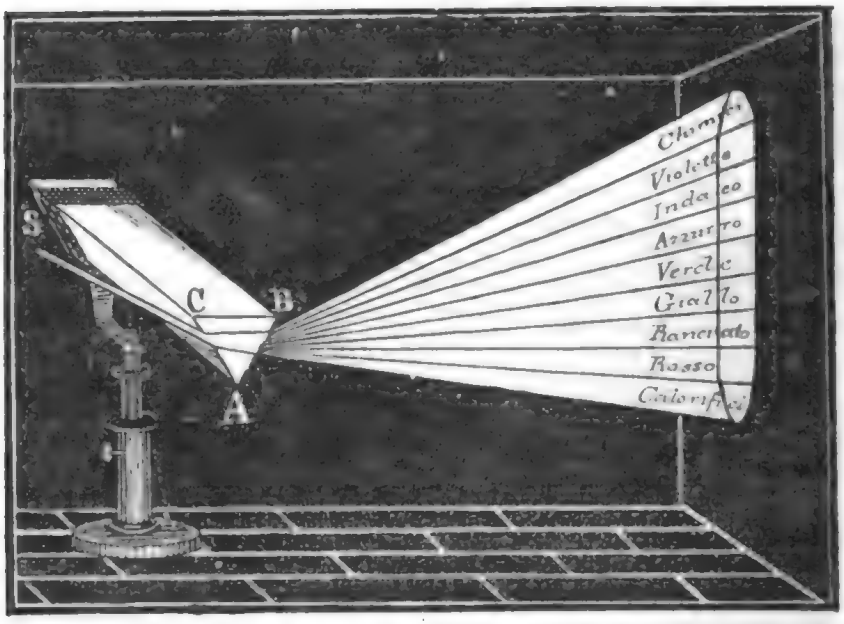
cadono presso il centro. Questa moltiplicità di fochi dipendente dalla figura sferica delle lenti si appella aberrazione di sfericità, ed è la causa producente la confusione delle imagini veduite per mezzo delle lenti di grande apertura. Per correggere l'aberrazione di sfericità basta collocare innanzi alla lente un diaframma forato nel centro di maniera da impedire il passaggio a tutti i raggi che non cadono presso il centro della lente. Si può anche correggere l'aberrazione di sfericità col combinare assieme due lenti per modo che la seconda raccolga in un sol punto il fascetto che riceve dalla prima.

Dispersione della luce

381. Un fascetto di raggi passando da uno ad altro mezzo non solamente cambia direzione, ma eziandio si dilata e distende in uno spazio angolare nel piano della rifrazione, e se la luce è bianca si divide in zone diversamente colorate. Questo dilatamento e colorazione che subiscono i raggi mentre passano da un mezzo in un altro chiamasi dispersione della luce. Per osservare la dispersione della luce è necessario che il mezzo attraversato dal fascetto de' raggi non sia terminato da facce parallele (372). I mezzi diafani non terminati da facce parallele di-

cosi prisini. L'angolo formato dalle due facce del prisma chiamasi angolo rifrangente.

Introdotto un fascetto di raggi solari in una stanza oscura e sottili attraversare un prisma di cristallo ABC, l'imagine del sole cresce in-



lunghezza e si trasmuta in una specie di ellissoide colorata de' colori dell'iride che si appella spettro solare. Non è forse possibile il numerare tutte le diverse tinte dello spettro; quelle che meglio si distinguono sono sette e si succedono coll'ordine seguente: rosso, ranciato, giallo, verde, azzurro, indaco, violetto; che si dicono i sette colori del prisma o dello spettro solare. Gli spazî occupati da ciascuno de'

sette colori non sono uguali fra loro ne' separati nettamente, ma si passa da un colore all'altro per gradazione e sfumature affatto insensibili.

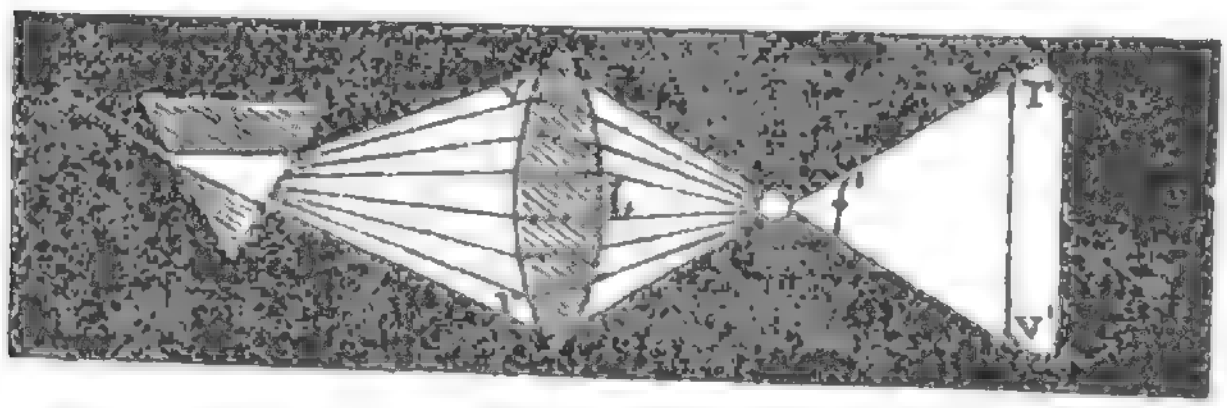
La luce bianca è dunque composta di raggi diversamente colorati e diversamente rifrangibili. I raggi rossi si rifrangono meno de' ranciati, questi meno de' gialli, e così fino ai violetti che si rifrangono più di tutti gli altri raggi colorati. Le diverse imagini circolari del sole che producono i raggi separatisi per effetto della rifrazione vengono in parte a sovrapporsi, e danno allo spettro una figura oblonga terminata alle estremità superiore ed inferiore da due archi di cerchio e lateralmente da due linee a un dipresso rette.

I diversi colori che formano questo spettro non sono continui, ma in ciascuno si osservano delle interruzioni o linee oscure normali alla lunghezza dello spettro, che diconsi frange. Alcune di queste frange sono visibili ad occhio nudo; e siccome appariscono costantemente nei medesimi luoghi dello spettro, servono alla misura precisa degl'indici di rifrazione de' varî colori. Osservato lo spettro con una lente, le frange più o meno oscure che si rendono visibili ascendono a parecchie centinaia.

Con dei prismi solidi di diversa natura e con dei liquidi chiusi fra due lastre di ve-

tro disposte ad angolo, si ottengono costantemente degli spettri formati degli stessi colori, disposti collo stesso ordine e colle medesime interruzioni. Ma la lunghezza di questi spettri varia colla sostanza del prisma. Le sostanze che danno allo spettro maggiore estensione si dicono più dispersive. Il flint p. e. è assai più dispersivo del crown. Nei prismi di una medesima sostanza, il potere dispersivo cresce coll'angolo rifrangente; ma nelle diverse sostanze la forza dispergente non è sempre proporzionale alla rifrangente; ossia la rifrazione media di un corpo non corrisponde sempre alla dilatazione che produce nel fascetto luminoso.

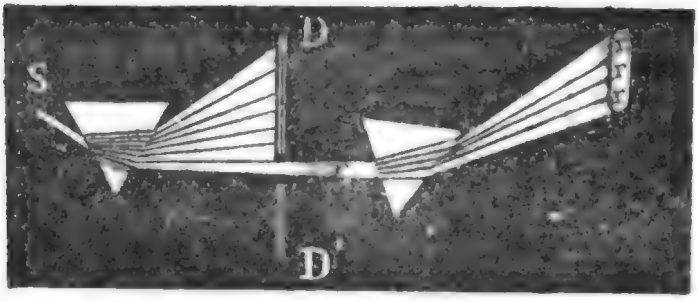
382. Allorchè lo spettro solare si fa cadere sopra una lente L di convergenza, nel fo



co f della lente si forma un'imagine bianca e rotonda: al di là del foco di nuovo apparisce lo spettro r'v' rovesciato. Ma se prima che lo spettro cada sulla lente s'intercetta per mezzo di un diaframma o l'uno o l'altro colore, la imagine rotonda che si forma nel foco non è

bianca, e lo spettro che si ottiene al di là del foco non presenta tutti sette i colori. Queste esperienze dimostrano che a produrre la luce bianca sono necessarî tutti sette i colori prismatici. Anzi per ottenere la luce bianca non pure basta la semplice unione dei sette colori prismatici, ma fa d'uopo che si uniscano in quelle determinate proporzioni che hanno nello spettro; poichè intercettata una porzione de' raggi rossi o di qualunque altro colore, l'imagine che si forma nel foco della lente non è bianca, sebbene lo spettro che va a riprodursi al di là del foco contenga tutti i sette colori.

383. I colori prismatici si dicono colori semplici od elementari, perchè mediante la rifrazione non si decompongono in altri colori. Ricevuto lo spettro solare sopra un dia-



framma DD' forato per modo che lasci passare i raggi di un sol colore, p. e. i rossi r, questi attraversando un altro prisma formano q

no spettro dello stesso colore. La forma allungata di questo secondo spettro prova ad evidenza che ciascuno de' sette colori semplici contiene varî raggi diversamente rifrangibili. Per conoscere dunque se un colore è semplice o composto basterà osservarlo attraverso di un prisma: se la sua tinta non viene alterata per la rifrazione, il colore è semplice, altrimenti si dirà composto. Rimendo assieme per mezzo di una lente il giallo e l'azzurro dello spettro si ottiene un immagine verde; ma questa imagine guardata attraverso di un prisma non resta verde, che anzi si mostra tinta di giallo e di azzurro; laddove l'imagine verde prodotta dai soli raggi verdi dello spettro rimane dello stesso colore anche veduta attraverso di un prisma. I colori naturali de' corpi guardati attraverso di un prisma, generalmente parlando si scompongono, eppero' non sono semplici.

384. La temperatura di un termometro posto successivamente ne' varî raggi colorati dello spettro, va successivamente crescendo dal violetto al rosso, e anche al di là del rosso, ossia i raggi meno rifrangibili sono più atti a riscaldare. Con un prisma di sal gemma che fra tutte le sostanze diatermiche è la più atermocroica (186), si trova che il massimo calore cade affatto fuori del rosso, e che lo spazio occupato dai raggi ca-

lorifici oscuri è uguale a quasi un terzo dello spettro luminoso. Ma questo spazio si è poi trovato più o meno ampio in diversi giorni anche del pari sereni, ciò che sembra mostrare l'aria atmosferica non esser sempre per ugual modo permeabile ai raggi calorifici oscuri. Si è inoltre trovato che in questa porzione dello spettro che non è luminosa, l'intensità calorifica varia in una maniera del tutto irregolare per modo, che come nella parte luminosa dello spettro vi sono delle frange oscure che separano gli spazi colorati, così nella parte calorifica oscura vi sono delle frange non calorifiche che separano gli spazi calorifici.

Che se lo spettro solare si riceva sopra una carta imbevuta di cloruro d'argento, questo si annerisce più prontamente sotto l'azione de' raggi più rifrangibili; ed anche al di là dell'estremo violetto, ove non sogliono manifestarsi raggi luminosi, l'annerimento del cloruro succede almeno tanto bene quanto nei raggi violetti. Nella luce solare si trovano adunque de' raggi che producono degli effetti chimici, chiamati perciò raggi chimici. I raggi chimici più rifrangibili de' violetti han dato qualche indizio di virtù calorifica; ne' sembra che, anche nelle circostanze ordinarie, possano dirsi assolutamente oscuri, poichè più volte si è notato che parecchi individui assegnano all'estremità violetta un limite assai su

periore a quello che le si attribuisce dalla maggior parte degli osservatori; anzi alcuni, e fra questi Herschel, affermano di aver veduto al di là del violetto una sfumatura alleggiante o di colore cenericcio. Si è detto nelle circostanze ordinarie, poichè se lo spettro solare si riceva su di un vetro colorato coll'ossido di uranio, ovvero sopra una carta impregnata di solfato di chinina, o di un decotto di castagne d'India, i raggi chimici più rifrangibili de' violetti si manifestano allo stato di luce; ed una ottava zona colorata più ampia delle altre apparisce nello spettro. Questa bella scoperta di M. Stokes dimostra che quei medesimi raggi i quali non sono atti ad illuminar certi corpi, possono poi bene illuminarne degli altri.

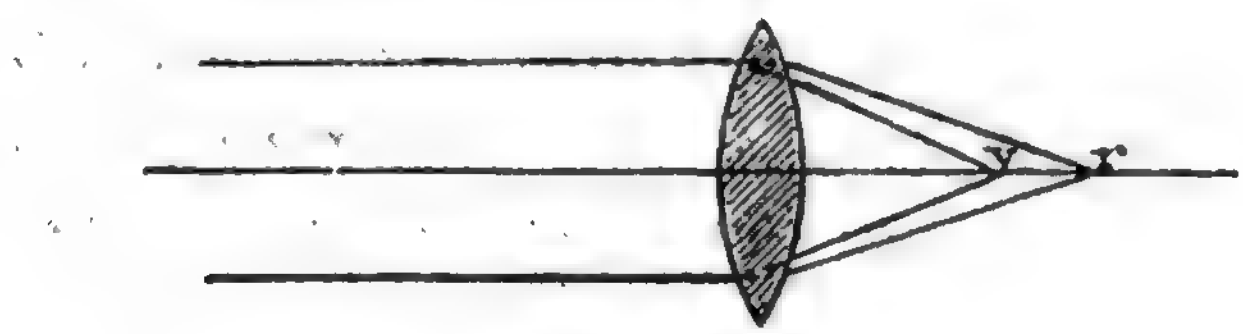
Conchiudiamo dunque che la luce bianca è composta di un numero sterminato di raggi diversamente rifrangibili, e dotati di diversa virtù calorifica, chimica ed illuminante. La massima virtù calorifica appartiene ai raggi che meno si rifrangono, e la massima virtù chimica l'hanno quelli che più si rifrangono. Il massimo potere illuminante della spettro solare è nel giallo e diminuisce più rapidamente dalla parte del verde che da quella del ranciato. Ma fa duopo confessare che finora non abbiamo de' mezzi fotometrici cioè atti a misurare l'intensità della luce

con quella esattezza con cui siamo giunti a misurare le intensità delle azioni calorifiche e chimiche.

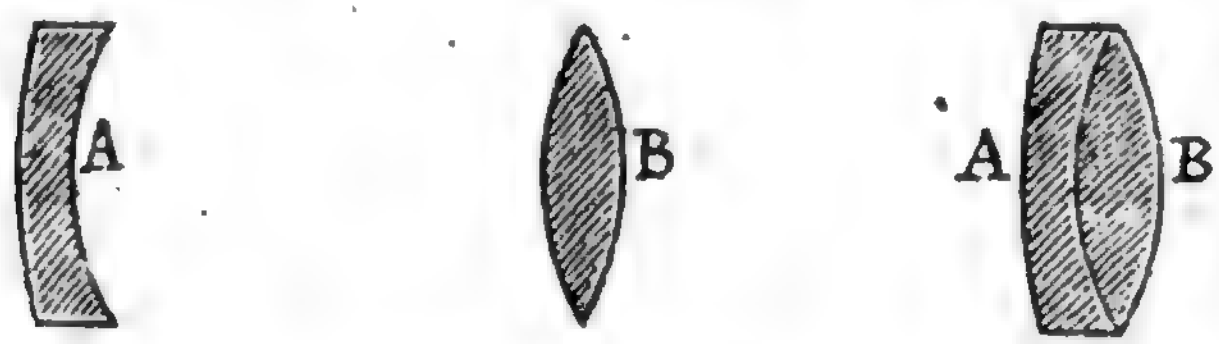
385. *Negli spettri prodotti dalle sorgenti terrestri non si trovano altre specie di raggi diversi da quelli dello spettro solare. Spesso però in tali spettri manca o l'uno o l'altro de' colori primitivi, o vi si trova in quantità maggiore o minore che nel solare. Gli spettri delle sorgenti terrestri sogliono inoltre abbondare di raggi meno rifrangibili degli oscuri dello spettro solare; e, tranne quello della luce elettrica, gli spettri delle altre sorgenti terrestri scarseggiano di raggi chimici.*

Un'altra differenza molto rimarchevole fra lo spettro solare e quelli delle altre sorgenti luminose consiste nel colore, splendore e posizione relativa delle frange (381). Così p. e. nello spettro della luce elettrica le frange invece di essere oscure sono brillanti, ed in quello ottenuto mediante la fiamma de' sali di sodio si osserva una frangia gialla estremamente viva. Una frangia verde si manifesta nello spettro de' sali di tallio, rossa in quello de' sali di litio; ed in generale la fiamma di ciascuna sostanza semplice produce le sue frange caratteristiche per modo che lo spettro è oramai divenuto un mezzo sicuro di analisi chimica.

386 Dalla diversa dispersione che soffrono nel frangersi i varî raggi colorati, consegue che una lente omogenea non può mai rifrangere la luce senza scomporla. Difatto se un fa-scetto di raggi solari cada sopra una lente-



p. e. di convergenza, i raggi rossi che meno si rifrangono andranno a riunirsi in un punto r più distante dalla lente del punto v in cui si riuniranno i raggi violetti che più si rifrangono. Fra questi due punti r e v si riuniranno i raggi degli altri colori, in guisa che in cambio di una sola imagine bianca se ne formeranno sette diversamente colorate, e che non potranno giammai sovrapporsi completamente le une alle altre. Questo difetto delle lenti si appella aberrazione di rifrangibilità, e si corregge unendo assieme più lenti dotate di diverso potere disperdente.



In pratica si sogliono perciò adoperare due

vole lenti, una A di flint concavo-convessa, e l'altra B di crown biconvessa ed in una delle sue facce perfettamente uguale alla convessità della prima, di maniera che addossate l'una all'altra formano una sola lente convergente AB. Essendo il flint assai più disperssivo del crown è manifesto che potrà così rimanere distrutta la dispersione senza che sia annullata la rifrazione. Siffatte lenti che rifrangono la luce senza disperderla si dicono acromatiche. Ma conviene osservare che l'acromatismo ottenuto con due sole lenti non è mai perfetto; poichè le curvature che convengono alle lenti per la coincidenza de' raggi estremi non sono quelle che si richiedono per la coincidenza degl'intermedî. Ciononostante l'acromatismo che si ottiene con due sole lenti è sufficiente per tutti gli usi ordinarî degli strumenti di ottica.

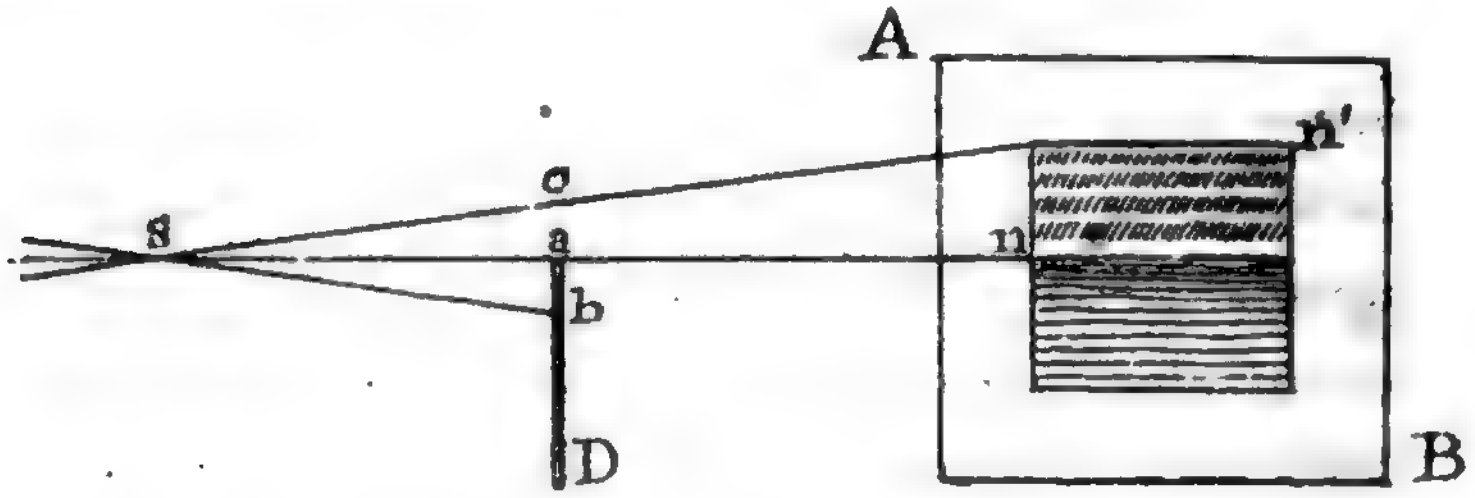
Articolo 3.°

Della diffrazione della luce

387. Chiamasi diffrazione quelle alternative di oscurità e di luce che mostrano i

raggi luminosi quando rasentano il contorno o gli orli dei corpi.

Penetrino i raggi solari in una camera oscura per un piccolo forellino s, e con una sottile lamina di metallo D s'intercetti una por-



zione ab del cono luminoso, mentre l'altra porzione ac e' ricevuta sopra un cartone bianco AB. Nello spazio nn' che dovrebbe essere uniformemente illuminato si osservano de' nastri diversamente colorati, e fuori di esso desso spazio nell'ombra geometrica limitata dalla retta an si vede una luce assai viva che va scemando rapidamente a misura che si allontana da nn'. Sostituendo alla luce bianca la luce omogenea, cioè collocando avanti al forellino s un vetro che lasci passare solamente la luce rossa o di altro colore semplice, i nastri dello spazio nn' sono alternativamente oscuri e colorati della tinta del vetro. La natura della lastra D, la sua massa e la spessezza dell'orlo rasentato dal la luce non hanno sensibile influenza in que

sti fenomeni.

Se invece di una lastra metallica D si collochi nel cono luminoso un corpicciuolo di piccolissimo diametro, p. e. un capello o un filo metallico sottilissimo, non solamente si veggono i nastri luminosi ed oscuri dall'una e dall'altra parte dell'ombra, ma veggonsi pure de'nastri interni, cioè l'ombra comparisce divisa in nastri oscuri e lucenti, e nel mezzo dell'ombra uno se ne vede più lucente degli altri.

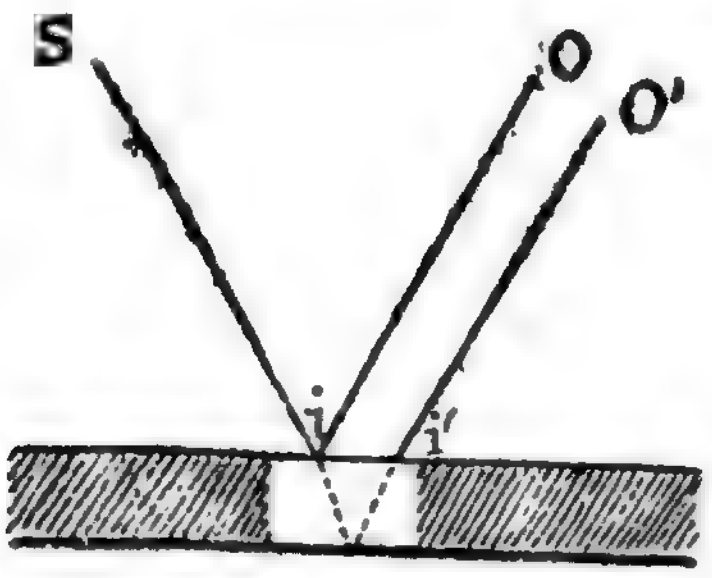
Questi fenomeni ed altri moltissimi si spiegano molto bene per mezzo dell'interferenza. Dicesi interferenza l'azione mutua che esercitano l'uno sull'altro due raggi che partiti da una medesima sorgente si incontrano sotto angoli piccolissimi. La natura di questa azione ci è mostrata dalla seguente sperienza. Per due forellini circolari dello stesso diametro assai vicini l'uno all'altro, si fanno entrare in una camera oscura due fascetti di luce omogenea p. e. rossa. I due coni luminosi verranno ad una certa distanza ad incontrarsi, e se al di là del loro punto d'incontro si riceva sopra un cartone bianco, nel segmento comune a' due dischi che si dipingono sul cartone si osservano de'nastri di un rosso molto vivo alternati da nastri completamente oscuri. Chiuso uno dei due forellini con un corpo

opaco, svaniscono i nastri e sono rimpiaz
zati da una luce rossa quasi uniforme. Al
la produzione de' nastri e' dunque necessa-
rio il concorso di ambedue i fascetti lumino-
si, ed i raggi che compongono questi fa-
scetti nel riunirsi ora si distruggono, ed o-
ra invece si rinforzano. Un tale distrugger
si e rinforzarsi dei raggi dipende senza
dubbio dagl'impulsi ora cospiranti ed ora
contrarî che ricevono le molecule eteree per
cui mezzo si propaga la luce.

Anche i nastri che si osservano nell'in
terno dell'ombra proiettata da un corpicciuo
lo di piccolissimo diametro svanisce sem
preché con un corpo opaco si trattiene la
luce che rasenta un lato del corpicciuolo
medesimo. Ciò mostra che alla produzio-
ne di quei nastri e' parimenti necessario
il concorso di due fascetti. Che poi i na-
stri ottenuti dalla luce bianca non sieno al
ternativamente bianchi e neri, ma colora
ti de' colori dell'iride; e' ciò una conse-
guenza dalla diversa lunghezza delle vibra
zioni costituenti i diversi raggi che compon
gono la luce bianca. Da questa diversa
lunghezza di vibrazioni risulta che men-
tre il raggio di un colore si distrugge, l'al
tro si avviva, e però la luce di bianca
che era, per effetto dell'interferenza divie-
ne colorata.

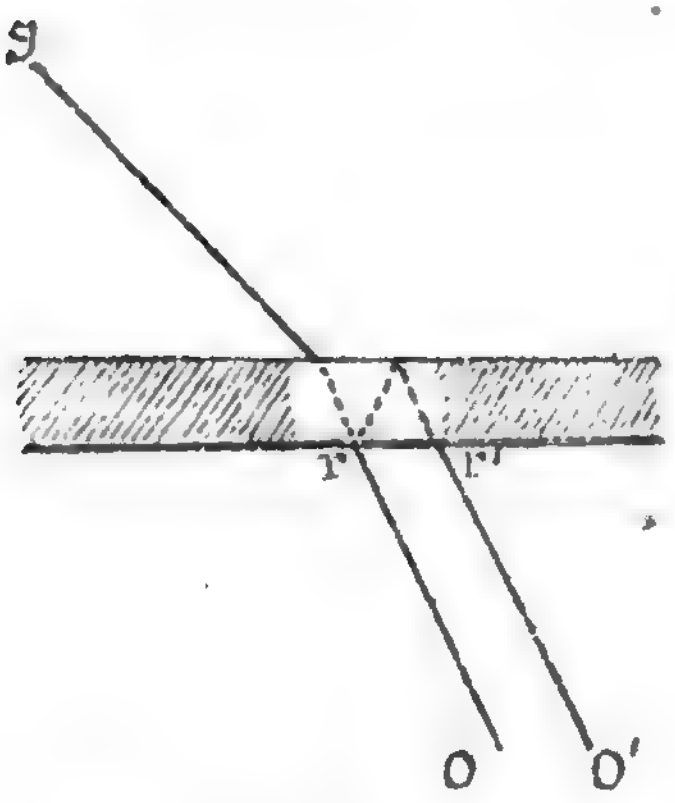
All' interferenza si vogliono pure attribuire que' fenomeni che diconsi degli anelli colorati o delle lamine sottili. Tutti i corpi trasparenti ridotti in lamine sufficientemente sottili si mostrano colorati di vivacissime tinte. Le sostanze di struttura lamellare, come la mica, il solfato di calce &c. presentano il medesimo fenomeno, come pure la madreperla, il vetro soffiato in bolle estremamente sottili, le ali di molti insetti e le penne di vari uccelli. Una goccia di olio versata sopra l'acqua mostra tutti i colori dell'iride, ed una bolla di acqua saponata che sembra bianca da prima, a misura che si gonfia e diviene più sottile si vede tinta di vaghissimi colori. Analoghi colori producono il ferro, l'acciaio, la latta, il rame sotto l'azione del calorico, ed il piombo, lo stagno, il bismuto quando sono fusi, a motivo in ambedue i casi dello strato rello di ossido che si forma sulla superficie metallica.

Tutti questi magnifici colori sono l'effetto dell'interferenza de' raggi riflessi dentro e fuori del corpo trasparente. Infatti sia Si un fascetto di raggi incidenti sopra una lamina sottile; i due raggi



iO, i'O', de' quali uno è riflesso alla prima e l'altro alla seconda superficie dello strato; non avendo percorso uguali cammini, nel riunirsi possono mutuamente distruggersi o rinforzarsi, appunto come i raggi che hanno attraversato due forellini o due fessure parallele e molto vicine.

I colori delle lamine sottili non si veggono soltanto per riflessione ma anche per trasmissione. Se attraverso di una lamina sottile si osservi la fiamma di una candela o qualunque altro corpo luminoso, appariscono spesso de' colori simili a quelli che si veggono per riflessione, ma molto più languidi. In questo caso i colori sono dovuti alla interferenza de' raggi trasmessi direttamente con quelli che non sono trasmessi se non dopo due riflessioni consecutive. Si vede infatti, che rappresentando Si il fascetto de' raggi incidenti, i due raggi trasmessi rO, r'O' si trovano in circostanze da potere interferire, poichè e sono vicinissimi ed uno di essi r'O' ha percorso un cammino più lungo dell'altro. La lunghezza di questi anelli dipende dalla grande



differenza d'intensità dei due fascetti trasmessi che la producono

389. A studiare i fenomeni degli anelli colorati è molto opportuno l'apparato di Newton, che consiste in due vetri, uno piano e l'altro convesso, applicati uno contro l'altro.

Collocato l'occhio in maniera da vedere la luce riflessa da questi due vetri, nel loro punto di contatto si vede una macchia oscura cinta di più serie di circoli o anelli variamente colorati che divengono tanto più languidi quanto più si allontanano dal centro comune. Se la luce che cade pei due vetri è omogenea, la macchia è cinta da anelli alternativamente oscuri e colorati del colore della luce. Questi anelli sono più larghi colla luce rossa che colla violetta, e vanno sempre scemando in larghezza a misura che cresce la rifrangibilità de' raggi incidenti per modo che hanno la minima larghezza colla luce violetta.

Collocato l'occhio in maniera da ricever la luce che è passata pel sistema dei due vetri, il fenomeno è inverso: nel punto del toccamento si osserva una macchia lucida contornata da anelli alternamente oscuri e luminosi; cioè si ha luce ove per riflessione si aveva oscurità, e viceversa. Se la lu-

ce che cade sui due vetri è bianca, si ha pure la macchia lucida nel punto di contatto, ed ove per riflessione si vedeva un anello di un certo colore, per trasmissione si vede un anello del colore complementario, cioè del colore che unito a quello compone la luce bianca.

La spiegazione fisica di questi anelli si desume parimenti dall' interferenza, cioè dal mutuo influsso de' raggi riflessi alla prima e seconda superficie dello strato di aria compreso fra i due vetri; ovvero dal mutuo influsso de' raggi trasmessi direttamente con quelli trasmessi dopo due riflessioni consecutive. L'aumento uniforme di spessezza dello strato di aria tutto attorno al punto di contatto è la causa della forma circolare degli anelli, del loro successivo riprodursi colla luce omogenea e del cangiare continuo di colore colla luce bianca ed in generale colla composta.

I raggi calorifici sono come i luminosi sottomessi alle leggi dell' interferenza. Esplorando con un delicato termometro la temperatura de' nastri oscuri e luminosi prodotti dall' interferenza di un fascetto di luce solare, si osserva che alle alternative di oscurità e di luce corrispondono delle analoghe alternative di freddo e di caldo. La poca intensità delle sorgenti oscure rende as-

sai difficile il provare direttamente l'interferenza de' raggi calorifici oscuri; ma l'analogia non ci permette di dubitare che anche questi raggi quando vengono ad incontrarsi debbano mutuamente rinforzarsi o indebolirsi per modo da riprodurre in gradi di calorico i nastri e gli anelli colorati.

Articolo 4.°

Della trasmissione ed assorbimento della luce

390. I corpi diafani che trasmettono del pari tutte le varie specie di raggi luminosi diconsi acroici. Tali sembrano essere il vetro, l'acqua, l'aria atmosferica e molti altri corpi solidi, liquidi ed aerei, quando sono ridotti a strati di piccola spessezza; ma se la spessezza degli strati vada successivamente aumentando, anche questi corpi si mostrano dotati della proprietà di trasmettere più alcuni che altri raggi luminosi. Così p. e. l'aria atmosferica trasmette meglio i raggi gialli ed i rossi che gli azzurri,

ond'è che il sole apparisce alquanto giallogno lo o anche rosso quando è presso l'orizzonte, e la luna ecclissata si tinge di un colore ros so di rame. Una luce bianca e splendida veduta da lontano di notte buia apparisce giallo-rossigna, e la tinta n'è tanto più pie na quanto maggiormente cresce la distanza.

I corpi diafani che trasmettono bene certi raggi luminosi e nulla o assai meno gli altri si appellano colorati. Tali sono i vetri che perciò diconsi colorati e molti minerali, parecchi liquidi ed anche alcuni fluidi aerei come il cloro, l'acido cloro-clorico, ed i vapori di iodio e di bromo. I colori trasmessi da questi corpi per lo più sono composti, ma talora sono anche semplici. Così p. e. il vetro colorato dal protossido di rame non dà passaggio che ai raggi rossi non risolubili dal prisma. Due corpi ciascuno de' quali non trasmette che un colore semplice, come p. e. due vetri uno rosso e l'altro verde sovrapposti formano un sistema opaco; poichè la luce che attraversa il vetro rosso non è trasmessa dal verde e viceversa.

La proprietà che hanno i corpi anche a parità di spessezza di trasmettere piuttosto alcune che altre specie di raggi, come pure l'opacità e la diafanità non dipende unica-

mente dalla natura de' loro atomi componenti, ma anche dalle posizioni e distanze relative degli atomi stessi. Molti sali che amorfi o polverizzati sono opachi, cristallizzati trasmettono alcune ed anche tutte le specie di raggi luminosi. Il carbonio opacissimo fra i corpi non metallici, cristallizzato allo stato di diamante diviene uno de' più trasparenti, ed il vapore che sotto la pressione ordinaria dell'atmosfera e' sensibilmente acromatico, chiuso in un vaso e sottomesso a forte pressione non trasmette che i raggi rossi e i verdi.

391. I raggi che non vengono trasmessi nè ripercossi sono assorbiti, cioè trattenuti od estinti dai corpi. Non solamente i corpi opachi e semitrasparenti, ma anche i diafani assorbono una porzione più o meno considerevole di luce incidente. La prova di ciò l'abbiamo dal fatto che crescendo la spessezza del mezzo qualunque esso sia, la luce va gradatamente scemando fino anche a cessare di agire sull'organo della vista.

L'assorbimento suol esser diverso per le diverse specie di raggi elementari, ed è questa la causa de' colori dei corpi veduti per trasmissione. I corpi che assorbono tutta la luce che non riverberano sono opachi, e quelli che assorbono soltanto alcune specie de raggi che non riverberano sono traspa-

renti e coloriti.

Anche l'assorbimento come la trasmissione non dipende solo dalla natura e spessezza de' corpi, ma eziandio dal modo con cui sono distribuite le loro molecule. Ciò si vede manifestamente nel diamante ed in molte altre sostanze nelle quali la struttura cristallina determina un aumento notabile nella luce trasmessa non meno che in quella che viene riverberata.

Articolo 5.

Della diffusione della luce

392. La luce riverberata dai corpi non è tutta luce riflessa conforme alle leggi della riflessione (368), altrimenti come ci sarebbero visibili coi loro proprî colori i corpi che non sono per se medesimi luminosi? Se facciamo riflettere la luce del Sole da alquanti vetri, uno bianco e gli altri colorati con varie tinte, la luce da essi riflessa è sempre ugualmente bianca, nè ha tinta rossa la riflessa dal vetro rosso, nè gialla o azzurra la riflessa dal vetro giallo o dall'azzurro. Dun

que la luce riflessa ha il colore dell' incidente, eppero' la luce che forma il colore proprio de' corpi non ci viene per vera riflessione. Anzi la luce che ci viene per vera riflessione piuttosto confonde ed estingue i colori naturali dei corpi, ond' è che per vederli distintamente dob biamo collocare l'occhio in direzione diversa da quella che seguono i raggi riflessi, altrimenti li vediamo, come suol dirsi, in lume falso. Conviene dunque ammettere che i corpi illuminati oltre al riflettere una parte della luce incidente, hanno anche la proprietà di riverberare in tutte le direzioni de' raggi atti a produrre in noi delle sensazioni diverse da quella che producono i raggi riflessi. Queste radiazioni emanate in tutte le direzioni dai corpi illuminati costituiscono la luce diffusa, e sono la cagione dei colori naturali e permanenti dei corpi.

393. La diffusione della luce si fa dipendere dalle vibrazioni che l'etere addensato ne' corpi concepisce sotto l'azione della luce incidente. Allorche' la luce cade sopra un corpo, il movimento vibratorio dell' etere che costituisce la luce incidente potra' communicarsi all'etere esistente nel corpo, e quando cio' avvenga questo corpo diverra' un centro di vibrazioni capaci di destare in noi la sensazione della luce, non altrimenti che se il corpo fosse per se medesimo luminoso. La

diffusione intesa così non differisce dalla radiazione de' corpi luminosi più di quello che la risonanza differisca dal suono. Quando si fa suonare una corda in vicinanza di un'altra anche questa spesso comincia a risuonare. La ragione di ciò è manifesta; il movimento comunicato all'aria dalla prima corda mette in vibrazione la seconda e così nasce la risonanza

Per ciò che spetta a' diversi colori che mostrano i varî corpi sotto l'azione di una stessa sorgente luminosa diciamo che se la natura di un corpo è tale che l'etere in esso addensato possa eseguire colla stessa facilità le vibrazioni che corrispondono a tutte le diverse specie di colori elementari, il corpo sarà bianco. Che se l'etere addensato nel corpo sia più disposto a concepire alcune specie di vibrazioni che altre, il corpo sarà colorito; e sarà nero se l'etere in esso addensato ricusi di concepire qualunque specie di vibrazione luminosa. Dunque un corpo si mostra rosso, giallo od azzurro secondochè l'etere in esso esistente è atto adassumere le vibrazioni che producono in noi la sensazione del rosso, del giallo o dell'azzurro Tutto ciò è pure conforme a quanto succede nelle risonanze. La corda che risuona per l'azione dell'aria messa in moto dalle vibrazioni d'un'altra corda, rende sempre quel suono che conviene alla sua propria tensione; ne' le due corde producono lo stesso tono a meno che non sieno

tesi all' unisono.

Questa teoria della diffusione e dei colori permanenti dei corpi è divenuta molto più verisimile dopo che si è potuto provare coll'esperienza che la luce diffusa non è luce riflessa nè regolarmente nè irregolarmente, nè una porzione del fascetto incidente che emerga fuori del corpo dopo esservi penetrata, ma è luce che veramente si genera nell'interno del corpo illuminato (1).

(1) Analizzando con un polariscopio la luce riflessa e la diffusa da un vetro smerigliato, trovò Arago pel primo che queste due luci sono polarizzate in senso inverso; dunque la luce diffusa emana dall'interno del corpo illuminato. Inoltre trovò lo stesso Fisico che se la luce che illumina il vetro sia polarizzata, la luce diffusa si mostra parimenti polarizzata, ma in senso opposto all'incidente, dunque la luce diffusa non è una porzione del fascetto incidente, ma è luce che si crea nel seno stesso del corpo illuminato.

Capo III.

Fenomeni della luce polarizzata.

LA luce che non è naturale, ossia che non presenta gli stessi fenomeni in tutti gli azimut (361), dicesi polarizzata. Prima di trattare di questa mirabile proprietà della luce è necessario premettere una succinta esposizione dei fenomeni della doppia rifrazione, che sono strettamente connessi con quelli della polarizzazione.

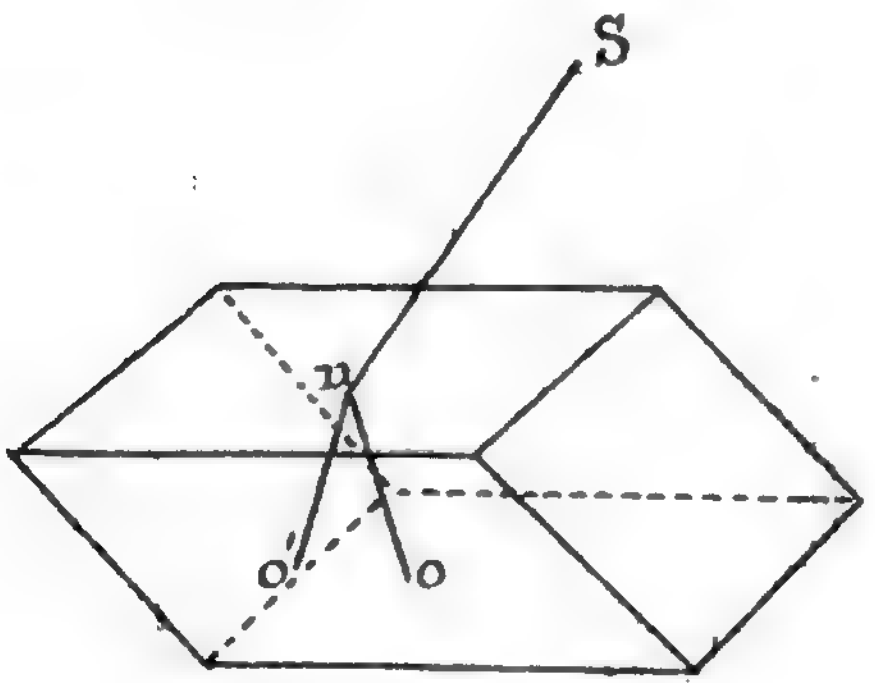
Articolo 1°.

Della doppia rifrazione

394. La legge della rifrazione che abbiamo esposta (315) non è generale. Essa è al tutto vera per i fluidi elastici, per i liquidi e per i solidi le cui molecule non cristallizzano, o cristallizzando prendono delle figure appartenenti al primo sistema (33); ma soggiace a

notabili modificazioni nelle sostanze che cristallizzando prendono delle figure appartenenti agli altri cinque sistemi cristallografici, ed anche nelle amorfe o che cristallizzano nel primo sistema se una causa estrinseca venga a distruggere la loro omogeneità.

Un fascetto luminoso Sn cada sopra un limpido cristallo di carbonato di calce, o spato d'Islanda. Il fascetto Sn si diparte in due

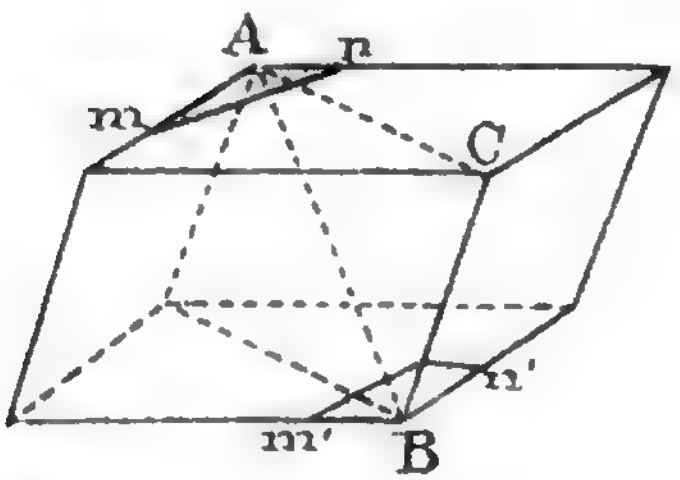


no, no' ambedue rifratti, di maniera che l'occhio collocato dietro il cristallo vede due imagini dell'oggetto S. Questa bipartizione del raggio incidente Sn si appella doppia rifrazione, e le sostanze che la producono si dicono birefrangenti. I cristalli che non appartengono al primo sistema sono tutti dotati di forza birefrangente, e le sostanze che non hanno tal forza possono acquistarla con mezzi meccanici. Il vetro inegualmente compresso o dilatato diviene birefrangente; lo stesso accade ai cristalli cubici di sale ammune e di spato fluore, al corno, alla madre perla ed a moltissime altre sostanze organiche ed inorganiche. Può dunque tenersi co

me molto probabile che la doppia rifrazione dipenda dal maggiore o minore ravvicinamento che nelle diverse direzioni hanno le particelle che costituiscono le sostanze birefrangenti.

395. *Tutti i cristalli birefrangenti hanno una o due direzioni in cui il raggio incidente non si divide, e queste direzioni diconsi assi ottici. I cristalli che appartengono al secondo e terzo sistema ossia che hanno tutte le parti simmetricamente disposte attorno ad una retta o asse cristallografico, non posseggono che un solo asse ottico eppero' si dicono uniasti; quelli che appartengono agli altri tre sistemi ne posseggono due e diconsi biasti.*

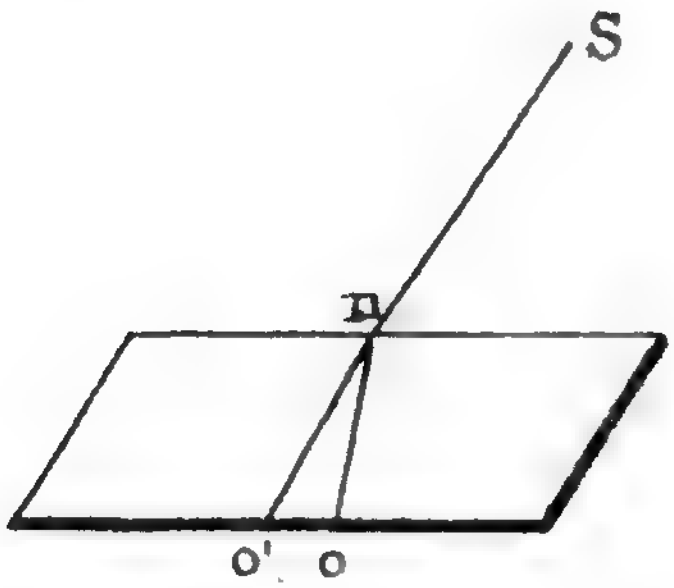
Nei cristalli uniasti l'asse ottico coincide coll'asse cristallografico. Infatti se mediante due piani mn, m'n' normali all'asse cristallografico AB di un romboedro di spato d'Islanda, si tolgano i due angoli solidi A e B, i raggi che attraversano il cristallo normalmente alle due facce artificiali mn, m'n' non si dividono e per conseguenza gli oggetti guardati in quella direzione non si veggono duplicati. Non accade il medesimo ne' cristalli biasti, nei quali gli assi ottici più o



mente si allontanano dagli assi cristallografici.

Qualunque piano ACB condotto per l'asse ottico di un cristallo unisse normalmente ad una sua faccia naturale o artificiale chiamasi **sezione principale** del cristallo. Ciascuna faccia naturale o artificiale di un cristallo ha dunque la sua sezione principale, ad eccezione delle facce mn, m'n' perpendicolari all'asse ottico, le quali hanno tante sezioni principali quante normali, poiché ciascuna di queste si trovano in un medesimo piano coll'asse ottico.

396. Quanto alle leggi della doppia rifrazione pei cristalli uniassi, abbiamo che quando la direzione del raggio incidente Sn non coincide coll'asse ottico, uno dei due raggi rifrati p. e. no segue le leggi della rifrazione semplice, l'altro no' se ne allontana



cioè non giace in generale nel piano d'incidenza e non mantiene costante il rapporto fra il seno d'incidenza e di rifrazione. Il primo di questi due raggi appellasi raggio ordinario, ed il secondo raggio straordinario. I cristalli nei quali l'indice di rifrazione ordinario è maggiore dello straordinario si

dicono ripulsivi o negativi ; tale e' lo spato di Islanda ; e si dicono attrattivi o positivi que cristalli che, come il quarzo, hanno l'indice ordinario minore dello straordinario.

In che casi il piano del raggio straordinario coincide con quello dell'ordinario. Il primo e' quando l'incidenza si fa nella sezione principale, ed il secondo quando l'incidenza si fa in un piano normale all'asse ottico. In questo secondo caso si trova inoltre che il rapporto fra il seno d'incidenza e di rifrazione resta costante anche nel raggio straordinario, di maniera che ambedue i raggi seguono le leggi della rifrazione semplice. Tale rapporto costante fra i seni d'incidenza e di rifrazione del raggio straordinario e' ciò che abbiamo inteso di sopra per indice straordinario di rifrazione

Per verificare queste leggi coll'esperienza, basta girare attorno al raggio incidente un cristallo a facce parallele ed osservare il movimento dell'imagine straordinaria. Si vedrà che in una intera rivoluzione circolare di questa imagine attorno all'ordinaria, essa passa due volte pel piano d'incidenza, e che ciò avviene quando il piano d'incidenza coincide colla sezione principale della faccia per cui entra il fascetto de' raggi luminosi. Che se il cristallo e' tagliato in maniera che la faccia per cui entra il fascetto

de' raggi incidenti sia parallela all'asse ottico, si vedrà inoltre che se il piano d'incidenza è normale a quella faccia, ambedue i raggi seguono la legge della rifrazione semplice.

397. Più complicate sono le leggi della doppia rifrazione nei cristalli biasti, nei quali ambedue i raggi rifratti in generale si dipartono dalle leggi della rifrazione semplice. Ciononostante anche in questi cristalli si trova sempre una direzione in cui ciascun raggio si rifrange ordinariamente.

Del resto tutti i fenomeni della doppia rifrazione sono una conseguenza necessaria della diversa velocità con che si trasmettono i moti vibratorî nelle varie direzioni delle sostanze che non hanno una densità uniforme; o, ciò che torna lo stesso, della diversa densità ed elasticità dell'etere nelle diverse direzioni delle sostanze birefrangenti. Nei cristalli che appartengono al primo sistema tutte le parti essendo simmetricamente disposte attorno a tre assi rettangolari, è naturale il supporre che la densità ed elasticità dell'etere, non altrimenti che nelle sostanze amorfe, sia la medesima in tutte le direzioni, epperò che la luce sia del pari ritardata in tutte le parti del cristallo, d'onde nasce la rifrazione semplice. Al contrario nei cristalli del secondo e terzo sistema che hanno un solo asse attorno a cui tutte le parti sono simmetriche, è mol

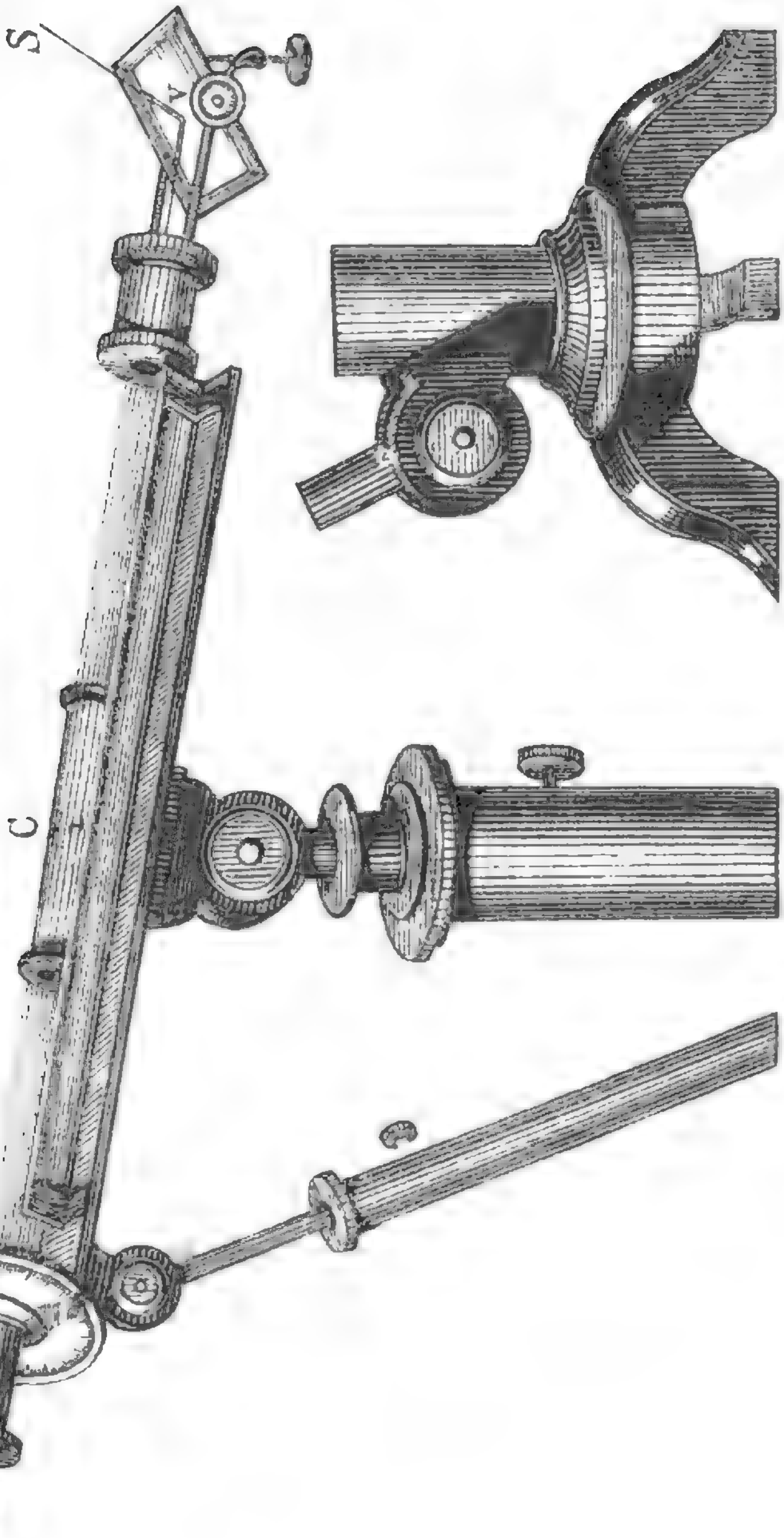
Ma l'inconveniente che hanno le buone tormaline di essere fortemente colorate, ha fatto ricorrere ad un artifizio che ci permette di ottenere lo stesso effetto mediante una sostanza incolora, qual'è lo spato d'Islanda. Se un parallelepipedo di spato d'Islanda si divida in due parti secondo la direzione di un piano normale alla più grande diagonale delle basi e passante pei due angoli ottusi più vicini, si ottengono due prismi, che riuniti assieme mediante una sostanza il cui indice di rifrazione sia intermedio fra i due indici ordinario e straordinario dello spato d'Islanda, formano un parallelepipedo che trasmette il solo fascetto straordinario. La sostanza prescelta per riunire assieme i due prismi è il balsamo di Canada, che avendo l'indice di rifrazione minore dell'indice ordinario dello spato, ma maggiore del suo indice straordinario, fa lateralmente deviare il raggio ordinario So e permette il passaggio allo straordinario So'. Un parallelepipedo così aggiustato dicesi prisma di Nicol, ed è di uso continuo nelle esperienze di polarizzazione.

Articolo 2:

Della polarizzazione per riflessione.

399. *Si prenda un tubo C munito da un capo di un vetro* **v**, *annerito di sotto e mobile attorno di un asse orizzontale. L'altra estremita' del tubo si faccia terminare in una lamina* **T** *di tormalina tagliata parallelamente all'asse ottico e collocata di maniera che possa farsi girare in un piano normale all'asse del tubo. Inclinato il tubo per modo che un fascetto di luce* **vi** *riflesso lungo l'asse del tubo faccia colla superficie del vetro un angolo di 35°, 25', si ponga l'occhio dietro la tormalina* **T**, *e mentre questa si fa girare attorno l'asse del tubo, si vedra' che l'intensita' della luce varia e che in due punti della circonferenza descritta da* **T** *essa svanisce: dunque " il fascetto* **vi** *non e' naturale ma polarizzato ".*

Se si noti la posizione dell'asse della tormalina nei punti in cui svanisce la luce, si trovera' che quell'asse e' parallelo al piano di incidenza **Svi**. *Il piano determinato dall'as-*


S
V
C
T

se della tormalina e dal raggio nell'atto che questo si estingue dicesi piano di polarizzazione : dunque „ la luce riflessa dal vetro sot
„ to l'angolo di 35° 25' è polarizzata nel piano
„ d'incidenza „ .

La polarizzazione della luce ha luogo anche quando l'angolo d'incidenza è maggiore o minore di 35° 25'; ma il contrasto fra la luce e l'oscurità nelle diverse posizioni dell'asse della tormalina ha il suo massimo sotto questo angolo, che però chiamasi angolo di polarizzazione del vetro. E' però da notare, che qualunque sia l'angolo d'incidenza, se un fascetto di luce è stato imperfettamente polarizzato per una prima riflessione, facendolo tornare più volte a riflettersi sotto il medesimo angolo, finalmente riuscirà tanto bene polarizzato come se fosse stato riflesso sotto l'angolo di polarizzazione.

Tutti i corpi possono come il vetro polarizzare la luce per riflessione; ma sono pochi quelli che la polarizzano completamente, cioè che communicano al raggio riflesso la proprietà di estinguersi affatto quando il piano di riflessione è parallelo all'asse della tormalina. Inoltre ciascun corpo ha il suo proprio angolo di polarizzazione sotto cui si ottiene il massimo effetto. Per l'acqua quest'angolo è di 37° 15', per il quarzo 32° 28' e di circa 34° per alcune varietà di marmo nero che pola-

rizzano la luce molto bene. In generale l'angolo P di polarizzazione di una sostanza trasparente è tale che il raggio riflesso si trova essere normale al rifratto, di maniera che denotando R l'angolo di rifrazione che corrisponde all'angolo d'incidenza P, abbiamo sempre

$$P + R = 90°.$$

Basta dunque conoscere l'indice di rifrazione di una sostanza per calcolare il suo angolo di polarizzazione (1).

400. Se alla tormalina T che ci ha servito ad analizzare la luce riflessa del vetro V si sostituisca un prisma birefrangente p. e. un romboedro di spato d'Islanda, ovvero un vetro simile a V, e del pari inclinato sull'asse del tubo; nel primo caso si vede una sola imagine sempreché la sezione principale del prisma è parallela o perpendicolare al piano di polarizzazione, cioè la sola ordinaria se

---

(1). Infatti sia n l'indice di rifrazione; sarà

$$n = \frac{\operatorname{sen} P}{\operatorname{sen} R} \quad ; \quad \text{ma} \quad \operatorname{sen} R = \operatorname{sen}(90° - P) = \cos P \, ;$$

dunque

$$n = \operatorname{tang} P \, :$$

cioè „ la tangente dell'angolo di polarizzazione è uguale „ all'indice di rifrazione „ .

se della tormalina e dal raggio nell'atto che questo si estingue dicesi piano di polarizza-zione : dunque „ la luce riflessa dal vetro sot „ to l'angolo di 35° 25' è polarizzata nel piano „ d'incidenza „ .

La polarizzazione della luce ha luogo anche quando l'angolo d'incidenza è maggiore o minore di 35° 25'; ma il contrasto fra la luce e l'oscurità nelle diverse posizioni dell'asse della tormalina ha il suo massimo sotto questo angolo, che però chiamasi angolo di polarizzazione del vetro. E' però da notare, che qualunque sia l'angolo d'incidenza, se un fascetto di luce è stato imperfettamente polarizzato per una prima riflessione, facendolo tornare più volte a riflettersi sotto il medesimo angolo, finalmente riuscirà tanto bene polarizzato come se fosse stato riflesso sotto l'angolo di polarizzazione.

Tutti i corpi possono come il vetro polarizzare la luce per riflessione; ma sono pochi quelli che la polarizzano completamente, cioè che comunicano al raggio riflesso la proprietà di estinguersi affatto quando il piano di riflessione è parallelo all'asse della tormalina. Inoltre ciascun corpo ha il suo proprio angolo di polarizzazione sotto cui si ottiene il massimo effetto. Per l'acqua quest'angolo è di 37° 15', per il quarzo 32° 28' e di circa 34° per alcune varietà di marmo nero che pola-

rizzano la luce molto bene. In generale l'angolo P di polarizzazione di una sostanza trasparente è tale che il raggio riflesso si trova essere normale al rifratto, di maniera che denotando R l'angolo di rifrazione che corrisponde all'angolo d'incidenza P, abbiamo sempre

$$P + R = 90°.$$

Basta dunque conoscere l'indice di rifrazione di una sostanza per calcolare il suo angolo di polarizzazione (1).

400. Se alla tormalina T che ci ha servito ad analizzare la luce riflessa dal vetro V si sostituisca un prisma birefrangente p. e. un romboedro di spato d'Islanda, ovvero un vetro simile a V, e del pari inclinato sull'asse del tubo; nel primo caso si vede una sola imagine sempreché la sezione principale del prisma è parallela o perpendicolare al piano di polarizzazione, cioè la sola ordinaria se

---

(1) Infatti sia n l'indice di rifrazione: sarà

$$n = \frac{\operatorname{sen} P}{\operatorname{sen} R} \quad ; \quad \text{ma} \quad \operatorname{sen} R = \operatorname{sen}(90° - P) = \cos P ;$$

dunque

$$n = \operatorname{tang} P :$$

cioè „ la tangente dell'angolo di polarizzazione è uguale „ all'indice di rifrazione „ .

parallela, e la sola straordinaria se perpendicolare. Passando gradatamente dalla prima alla seconda posizione, si vede crescere l'intensità dell'imagine straordinaria e diminuire quella dell'ordinaria: ai 45° le due imagini sono del pari intense; al di là scema la straordinaria e cresce l'ordinaria. Nel secondo caso si osserva che l'intensità della luce riflessa dal vetro aggiunto va variando col variare del piano di incidenza e che si estingue quando i piani della prima e seconda riflessione si tagliano ad angolo retto.

Allorchè si tratta di luce polarizzata, la tormalina, il prisma birefrangente ed il vetro inclinato sotto l'angolo di polarizzazione si appellano polariscopî od analizzatori. Le proprietà che questi polariscopî ci hanno fatto scoprire nella luce polarizzata per riflessione costituiscono i tre caratteri generali della polarizzazione che dicesi rettilinea. Potremo dunque stabilire che la luce polarizzata si distingue dalla naturale

1°. Dal non essere trasmessa per una lastra di tormalina il cui asse è parallelo al piano di polarizzazione, mentre è trasmessa con un'intensità tanto più grande quanto più l'asse della tormalina si avvicina ad essere normale a quel piano.

2°. Dal non essere divisa in due fascetti da un cristallo birefrangente, se la sezione princi-

pale del cristallo è parallela o perpendicolare al piano di polarizzazione; laddove in tutte le altre posizioni del cristallo è diviso in due fascetti che non conservano la medesima intensità

3°. Dal non essere riflessa su di una lastra di vetro se questa gli si presenti sotto l'angolo di polarizzazione, ed in tal maniera che il piano di incidenza sia perpendicolare al piano di polarizzazione; mentre viene parzialmente riflessa, se la lastra gli si presenti sotto un altro angolo o in un altro piano d'incidenza.

A spiegare questi fenomeni si ammette che le vibrazioni dell'etere, le quali nella luce naturale si fanno in tutte le direzioni, nella polarizzata si facciano solo normalmente al piano di polarizzazione Ciò vale quanto dire che fra un fascetto di luce naturale ed un fascetto di luce polarizzata passa lo stesso rapporto che fra un cilindro ed un parallelepipedo molto schiacciato. Il cilindro una volta inclinato invariabilmente sopra un piano, comunque si aggiri attorno il suo asse, mantiene sempre le stesse relazioni col piano medesimo. Non così del parallelepipedo che aggirandosi attorno il suo asse, va di continuo variando le relazioni con il piano sottoposto sebbene l'angolo che fanno tra loro resti sempre lo stesso. Se le vibrazioni dell'etere si trasmettono attraverso alla tormalina allorchè sono parallele al suo asse, e non quando gli sono perpendicolari, non deve dunque far

meraviglia più che il vedere un parallelepipedo molto schiacciato passare per un'apertura rettangolare se questa gli si presenti in una direzione, e non passarvi se gli si presenti in direzione a quella perpendicolare.

Articolo 3.

Della Polarizzazione per rifrazione

401. Si polarizza la luce anche per rifrazione. Cada sopra una lastra di vetro un fascetto di luce; la porzione trasmessa si troverà in parte polarizzata. La quantità di luce polarizzata è tanto maggiore quanto più l'angolo d'incidenza si accosta all'angolo di polarizzazione. Se il raggio trasmesso si riceva sopra una tormalina, si osserva che il massimo indebolimento della luce ha luogo quando l'asse della tormaline è normale al piano di rifrazione: dunque « la luce nel rifrangersi si polarizza in un piano che è « perpendicolare al piano d'incidenza.

Facendo subire al medesimo fascetto lumi-

noso parecchie rifrazioni successive, la polariz
zazione pno' crescere fino a diventare com-
pleta. Cio' si ottiene col disporre paralleta-
mente una all'altra pii lastre di vetro in gui
sa da formare cio' che dicesi una pila di la-
stre. Allorche un fascetto luminoso cade obli-
quamente o meglio sotto l'angolo di polariz
zazione sopra una pila di lastre, ciascuna
di esse polarizza una porzione della luce che
trasmette; onde se il numero delle lastre
sia bastevolmente grande tutta la luce tras-
messa restera' finalmente polarizzata. Giun-
ta la luce ad essere del tutto polarizzata non
e' pii' indebolita dalle riflessione sulle lastre
susseguenti, poiche queste lastre non potendo
riflettere la luce polarizzata normalmente al
piano d'incidenza (400), la trasmettono sen
za punto indebolirla. Sembra potersi da cio'
inferire che la quantita di luce trasmessa da
una grossa lastra debba essere la pii grun-
de possibile, quando l'angolo d'incidenza e'
uguale all'angolo di polarizzazione. Lu luz-
ce polarizzata per rifrazione ha un rapporto
molto semplice e costante colla luce polariz-
zato per riflessione; cioe' se un fascetto di lu
ce cadendo obliquamente sopra una super-
ficie riflettente sia in parte riflesso ed in par
te trasmesso, il fascetto riflesso ed il rifrat-
to contengono un' eguale porzione di luce
polarizzata, ed i due piani di polarizzazio-

ne sono fra loro perpendicolari, o, come sol dirsi, i due fascetti sono inversamente polarizzati. Da questa legge scoperta da Arago intendiamo perchè la luce che ha subito una semplice rifrazione non è mai completamente polarizzata. Affinchè un fascetto rifratto sia completamente polarizzato è necessario che il fascetto riflesso sotto l'angolo di polarizzazione completa sia uguale al trasmesso, o più generalmente che la porzione di luce polarizzata del fascetto riflesso uguagli l'intero fascetto trasmesso; cosa che ognuno vede quanto sia difficile a verificarsi, attesa la grande disparità che osserviamo in tutti i corpi fra il potere di riflettere e il potere che hanno di trasmettere la luce.

402. La rifrazione che quando è semplice comunica al fascetto trasmesso una polarizzazione molto incompleta, quando è doppia polarizza completamente ciascuno de' due fascetti trasmessi. Se i due fascetti trasmessi da un cristallo birefrangente si ricevano uno dopo l'altro sopra una tormalina, vediamo che l'ordinario rimane estinto allorquando l'asse della tormalina è parallelo alla sezione principale del cristallo, e lo straordinario quando il medesimo asse è perpendicolare a quella sezione: dunque i due fascetti rifratti sono inversamente polarizza-

ti; l'ordinario nella sezione principale della faccia d'incidenza, lo straordinario in un piano normale a quella sezione.

Se le due imagini prodotte da un cristallo birefrangente (1) collocato per modo che le sezioni principali de' due cristalli sieno fra loro parallele o perpendicolari, invece delle quattro imagini che si vedrebbero se la luce fosse naturale se ne veggono due sole (400.2°). Che se le due sezioni non sieno fra loro né parallele ne' perpendicolari, si veggo le quattro imagini; ma queste non sono del pari intense, a meno che le due sezioni non sieno l'una inclinata sull'altra ad angolo semiretto.

I cristalli birefrangenti, come quelli che polarizzano la luce completamente, sono i più atti a fare l'ufficio di polarizzatori della luce. A tale effetto però è necessario sopprimere o l'uno o l'altro de' due raggi rifratti, onde per ottenere la luce polarizzata per ordinario si ricorre alla tormalina od al prisma di Nicol (398). Due tormaline sovrapposte in guisa che una almeno possa girare nel suo piano costituiscono il più semplice

---

(1). Si aggiunga: si osservino mediante un prisma birefrangente collocato &c.

apparato di polarizzazione. Una delle due tormaline fa da polarizzatore e l'altra da polariscopio. Se i due assi, o, ciò che è lo stesso, le due sezioni principali sono parallele, le due tormaline formano un sistema trasparente, e formano un sistema opaco se i due assi sieno ad angolo retto. La ragione di ciò è manifesta: una buona tormalina non trasmette che il fascetto straordinario; e quando le due sezioni sono ad angolo retto, il fascetto straordinario trasmesso dalla prima è rifratto tutto ordinariamente dalla seconda.

Articolo 4.

Interferenza de' raggi polarizzati

403. Le leggi che si osservano nell'interferenza de' raggi polarizzati sono le quattro seguenti.

1°. I raggi polarizzati nel medesimo senso, „ cioè in piani paralleli esercitano interfe- „ renza gli uni sugli altri non altrimenti de' „ raggi naturali „ .

2°. „ I raggi polarizzati in senso contrario
„ cioè in piani rettangolari ricusano d'in-
„ terferire „.

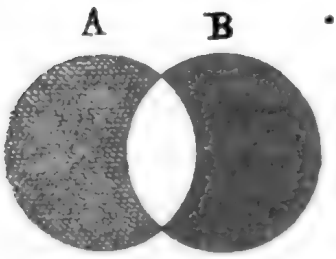
3°. „ Due raggi polarizzati in senso contra
„ rio ricondotti ad un medesimo piano me
„ diante un polariscopio ricusano parimen-
„ ti d'interferire se hanno avuto origine da
„ un fascetto di luce naturale „.

4°. „ Al contrario sono capaci d'interfe
„ rire se hanno avuto origine da un fascetto
„ di luce polarizzata „.

A quest'ultima legge appartengono que' ma gnifici colori che si dicono colori della luce polarizzata, perchè sono prodotti dall'interferenza di due fascetti polarizzati, ed aventi per origine comune un medesimo fascetto di luce polarizzata.

Se fra due tormaline disposte nella sezione oscura, ossia cogli assi ad angolo retto si collochi una lastra tagliata da un cristallo birefrangente parallelamente all'asse, all'istante riappare la luce, che girando la lastra nel suo piano solo svanisce quando l'asse del cristallo è parallelo o perpendicolare al piano di polarizzazione. Se la lastra è alquanto grossa la luce è bianca, ma si tinge de' più brillanti colori se la lastra è abbastanza sottile. Questi colori cambiano quando si cambia la posizione relativa degli assi delle due tormaline, e giungono al massimo di vivezza al-

lorchè l'asse del cristallo fa un angolo di 45° col piano di polarizzazione. Il cambiamento de' colori è tale, che ad ogni quarto di rivoluzione delle due tormaline la tinta diviene perfettamente complementaria della precedente. Ciò si rende più manifesto se alla tormalina che fa l'ufficio di analizzatore si sostituisce un prisma birefrangente disposto in modo che le due imagini colorate A e B vengano in parte a sovrapporsi. Qualunque sia la tinta di ciascuna imagine, si vedrà che nella porzione comune esse sono perfettamente bianche che è il carattere distintivo de' colori complementarî.

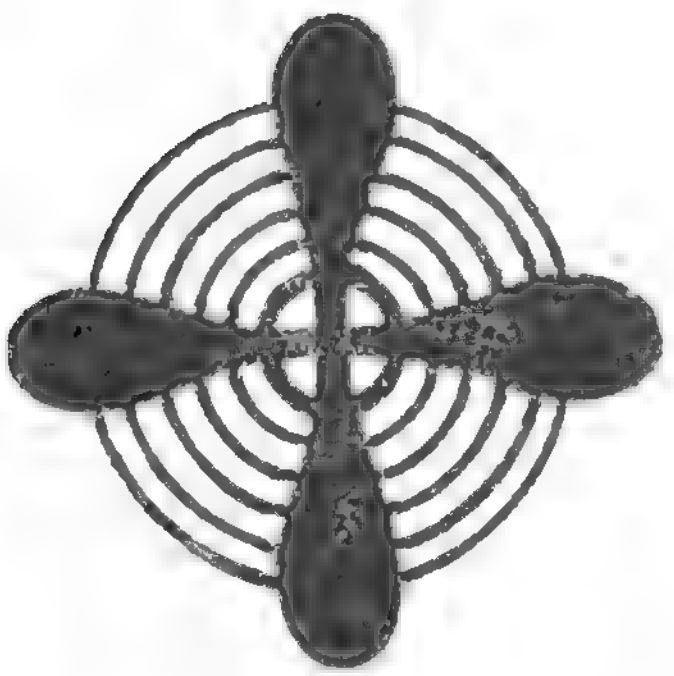


La spiegazione di questi fenomeni ci è data dall'ineguale ritardo che soffre la luce nell'attraversare le sostanze birefrangenti (397). I due fascetti che emergono dalla lastrina birefrangente ricondotti ad un piano comune dalla seconda tormalina si trovano nelle condizioni opportune ad interferire, e per conseguenza a produrre la colorazione, purchè il ritardo relativo dei due fascetti sia piccolissimo. E siccome questi due fascetti riuniti assieme uguagliano l'intero fascetto che gli ha prodotti, perciò i colori saranno fra loro complementarî,

ed avranno il massimo d'intensità nel mezzo del quadrante, ove ciascun fascetto rifratto è la metà del fascetto primitivo.

La qualità dei colori che si sviluppano in questi fenomeni dipende dalla natura del cristallo birefrangente, dalla sua spessezza e dall'angolo che il fascetto polarizzato fa col cristallo medesimo. Nelle lamine della stessa natura le spessezze che danno due tinte determinate sono molto più grandi delle spessezze degli stratarelli di aria che riflettono simili colori nei fenomeni delle lamine sottili e degli anelli colorati. Così p. e. nella mica e nel solfato di calce, che sono due sostanze opportunissime allo studio de' colori della luce polarizzata, si è trovato che la spessezza è altre a cento volte maggiore di quella dello strato di aria corrispondente negli anelli colorati.

404. I colori della luce polarizzata divengono anche più sorprendenti se la lamina birefrangente sia tagliata normalmente all'asse ottico. Collocata una simile lamina fra le due tormaline disposte nella sezione oscura, si vede una lunga se-



rie di anelli colorati del tutto analoghi a quelli che si generano fra due vetri de' quali uno sia leggermente convesso; salvo che nel caso presente gli anelli sono tagliati da una croce nera tanto più dilatata quanto più sottile è la lamina. Girata una delle due tormaline talchè i loro assi di vengano paralleli, la croce nera si muta in bianca, ed in tutte le parti la nuova imagine è complementaria alla prima. La posizione della lamina birefrangente in questo caso è senza influsso; girando essa nel suo piano il fenomeno non è in veruna maniera modificato, purchè in qualche suo punto non abbia una cristallizzazione anormale.

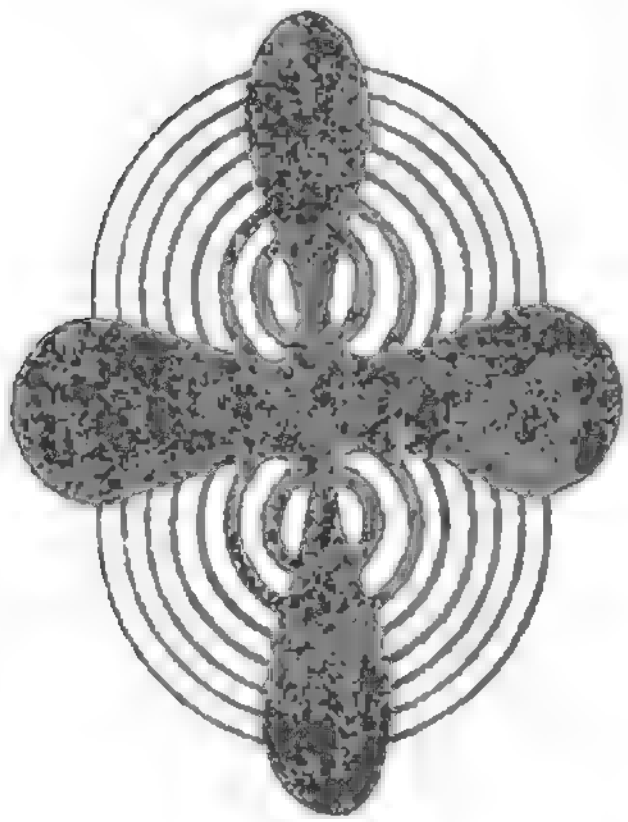
Per intendere la causa di queste singolari apparenze conviene osservare che in un cristallo tagliato normalmente all'asse ciascun piano perpendicolare alla sezione è una sezione principale; quindi segue che i raggi i quali attraversano la lamina parallelamente o normalmente al piano primitivo di polarizzazione non si dividono e rimangono polarizzati nello stesso piano. Se dunque i due assi

delle tormaline sieno ad angolo retto appa rirà una croce nera, ed una croce bianca apparirà se i due assi sieno paralleli.

Quanto ai raggi che attraversano la lami na birefrangente in direzioni nè parallele nè perpendicolari al piano primitivo di polariz- zazione, questi soffriranno la doppia rifra- zione ed un ritardo relativo tanto maggiore quanto maggiore è la loro obliquità. Dovendo poi tutto questo accadere simmetricamente attorno ai due piani nei quali il fascetto in cidente rimane indiviso, ne risulteranno gli anelli concentrici e colorati de' colori dell' i- ride. Se la lamina è tagliata obliquamente all' asse ottico, svanisce la croce, e gli anel- li si trasformano in nastri sensibilmente paralleli. Lo stesso accade nelle lamine ta- gliate parallelamente all'asse quando vengon disposte di maniera che il loro piano non sia normale a quello di polarizzazione.

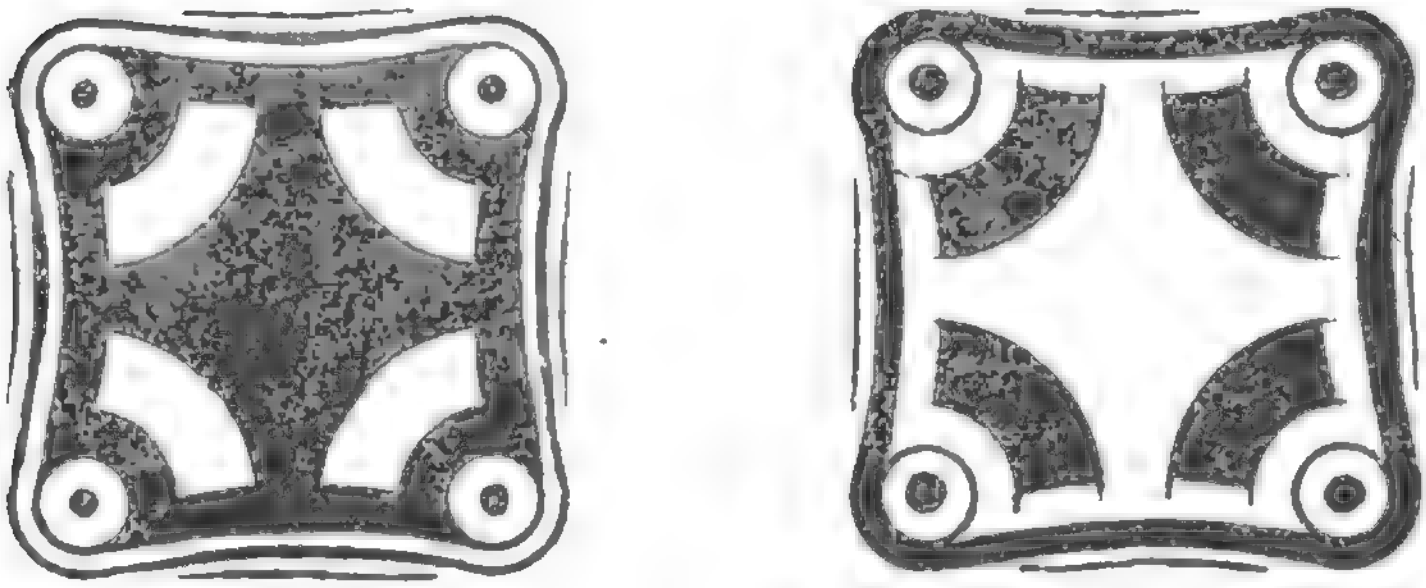
Nei cristalli biassi tagliati normalmente alla bisettrice de' due assi ottici, questi fe- nomeni, come era da aspettarsi, presentano alcune diversità. In generale si veggono due sistemi di anelli più o meno schiacciati cor- rispondenti ai due assi del cristallo. La for- ma delle fasce oscure che tagliano i due si stemi di anelli è diversa nelle diverse posi- zioni del cristallo. Girando una lamina di nitrato di potassa fra le due tormaline dis-

poste nella sezione oscura, la croce nera che si vede nella prima delle figure qui annes se si muta in due curve iperboliche aventi il centro nel punto medio della linea che congiunge le proiezioni de' due assi ottici; come si può vedere nella figura seconda. Queste esperienze ci offrono un facile mezzo per distinguere i cristalli uniassi dai cristalli biassi.



Ne' meno utili riescono siffatti colori per iscoprire la virtù birefrangente di molte sostanze che non separano i due fascetti di maniera che la doppia rifrazione si possa osservare direttamente. Per tal modo si rende pure manifesta la doppia rifrazione del vetro temperato, riscaldato, compresso e piegato Si guardi con una tormalina una lastra quadrata di vetro tem-

perato per cui presi un fascetto di luce polarizzata, ove l'asse della tormalina è parallelo al piano di polarizzazione, ci vedrá una



croce nera nel mezzo ed agli angoli dei nastri vivamente colorati: girando la tormalina per 90° comparirà la luce bianca. Consimili effetti si osservano nelle lastre rettangolari, esagonali, circolari &c; come anco nel vetro non temperato quando viene compresso o posto a contatto di piastre metalliche fortemente scaldate.

Un parallelepipedo di vetro della spessezza di quattro o cinque millimetri se sia curvato nella sua lunghezza, ed attraversato da un fascetto di luce polarizzata si mostra coperto di nastri longitudinali colorati Incrociando due parallelepipedi così curvati si ottengono de' bellissimi effetti. I cristalli equiassi quando sieno compressi mostrano dei fenomeni analoghi a quei del vetro.

Articolo 5°.

Della polarizzazione circolare

405. La polarizzazione di cui abbiamo assegnati i caratteri (400) si è appellata rettilinea per distinguerla da altre due specie di polarizzazione, delle quali una dicesi ellittica e l'altra circolare. Tali denominazioni hanno avuto origine dalla teoria de' moti vibratorî, nella quale si dimostra che le traiettorie descritte dalle molecule eteree possono essere o rettilinee o ellittiche o circolari, e che in ciascuno di questi tre casi la luce può produrre de' fenomeni di polarizzazione. Alla polarizzazione ellittica appartengono i colori di cui si è parlato nell'articolo precedente; poichè la risultante di due onde piane, rettilinee e disposte ad angolo retto, generalmente parlando, è un'onda ellittica, come si può agevolmente provare colla seguente sperienza. Una corda tesa sia agitata da un movimento vibratorio ad intervalli eguali e regolari: se le aggiunga un altro movimento uguale ma normale al primo; la corda prende forma di elice ellit-

tica, la sua estremità descrive un'ellissi, e ciascuna molecula in tutta la sua lunghezza siegue successivamente la stessa direzione. Che se il movimento aggiunto cominci precisamente un quarto di vibrazione più tardi del primo, la corda prende forma di due circoli: l'estremità della corda si muove in cerchio, e tutte le sue molecule prendono successivamente lo stesso moto. Alla polarizzazione circolare appartengono i fenomeni che passiamo ad esporre.

406. Allorchè un fascetto di raggi semplici e polarizzati attraversa una lamina di spato o di altro cristallo unassa nella direzione dell'asse, il fascetto non prova veruno cambiamento; ma se il medesimo fascetto attraversa in somigliante maniera una lamina di quarzo o cristallo di monte, il suo piano di polarizzazione al sortire della lamina non è più quello di prima: con alcune lamine si trova avere girato da sinistra a destra, con altre da destra a sinistra. Le sostanze che, come il quarzo, deviano il piano di polarizzazione si dicono dotate di rotazione o potere rotatorio; e si appellano destrogire se lo deviano verso la destra e levogire se verso la sinistra.

Ripetendo la medesima esperienza con altri colori semplici, si osserva che la rotazione del piano di polarizzazione è diversa coi diversi colori

dello spettro e cresce colla rifrangibilità. Per una lamina di quarzo di un millimetro di spessezza gli angoli di rotazione sono i seguenti.

Rosso estremo	17°,50
Limite del rosso e del ranciato	20°,47
" del ranciato e del giallo	22°,31
" del giallo e del verde	25°,68
" del verde e dell'azzurro	30°,04
" dell'azzurro e dell'indaco	34°,57
" dell'indaco e del violetto	37°,68
Violetto estremo	44°,09.

Crescendo la spessezza della lamina crescono altresì gli angoli di rotazione Due lamine sovrapposte una all'altra producono lo stesso effetto di una sola, la cui spessezza uguaglia la loro somma o differenza, secondochè ambedue i poteri rotatorî sono o no della stessa natura.

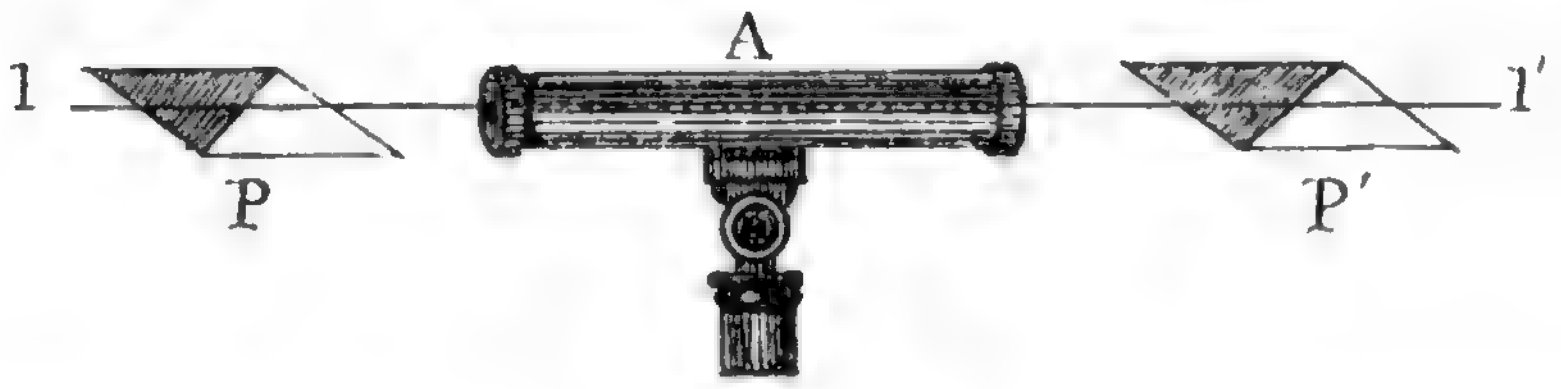
Dopo ciò è facile l'imaginare che cosa dovrà accadere quando un fascetto di luce bianca e polarizzata cade perpendicolarmente sopra una lamina di quarzo normale all'asse ottico. Ricevuto il fascetto emergente su di un analizzatore, qualunque sia la posizione di questo, l'imagine sarà sempre colorata; imperocchè ciascun raggio elementare risultando polarizzato in un piano diverso da-

gli altri che compongono lo stesso fascetto, l'analizzatore non potrà mai riflettere o trasmettere del pari tutti i raggi che compongono la luce bianca, ed il colore dell'imagine dovrà necessariamente variare col variare la posizione dell'analizzatore. Se dunque l'analizzatore sia un prisma birefrangente, si osserveranno due imagini ambedue colorate ed i loro colori saranno complementarî, perchè uniti assieme debbono riprodurre la luce bianca. Girando il prisma i colori si andranno gradatamente accostando verso l'una o l'altra estremità dello spettro, senza mai svanire o cessare di essere complementarî. Se la lamina dia p. e. un'imagine verde quando la sezione principale del prisma è nel piano di polarizzazione del fascetto incidente, girando il prisma verso la destra passerà dal verde all'azzurro, all'indaco ecc.i e girando verso la sinistra dal verde passerà al giallo, al ranciato, al rosso &c. o per converso.

Nella teoria de' moti vibratorî si dimostra che la causa di questo fenomeno veramente singolare è l'interferenza di due fascetti polarizzati circolarmente, de' quali uno gira da destra a sinistra, mentre l'altro gira da sinistra a destra. Allorchè un fascetto rettilineamente polarizzato attraversa un cristallo di quarzo normalmente al suo asse, conviene dunque dire che il fascetto si divide in due cir-

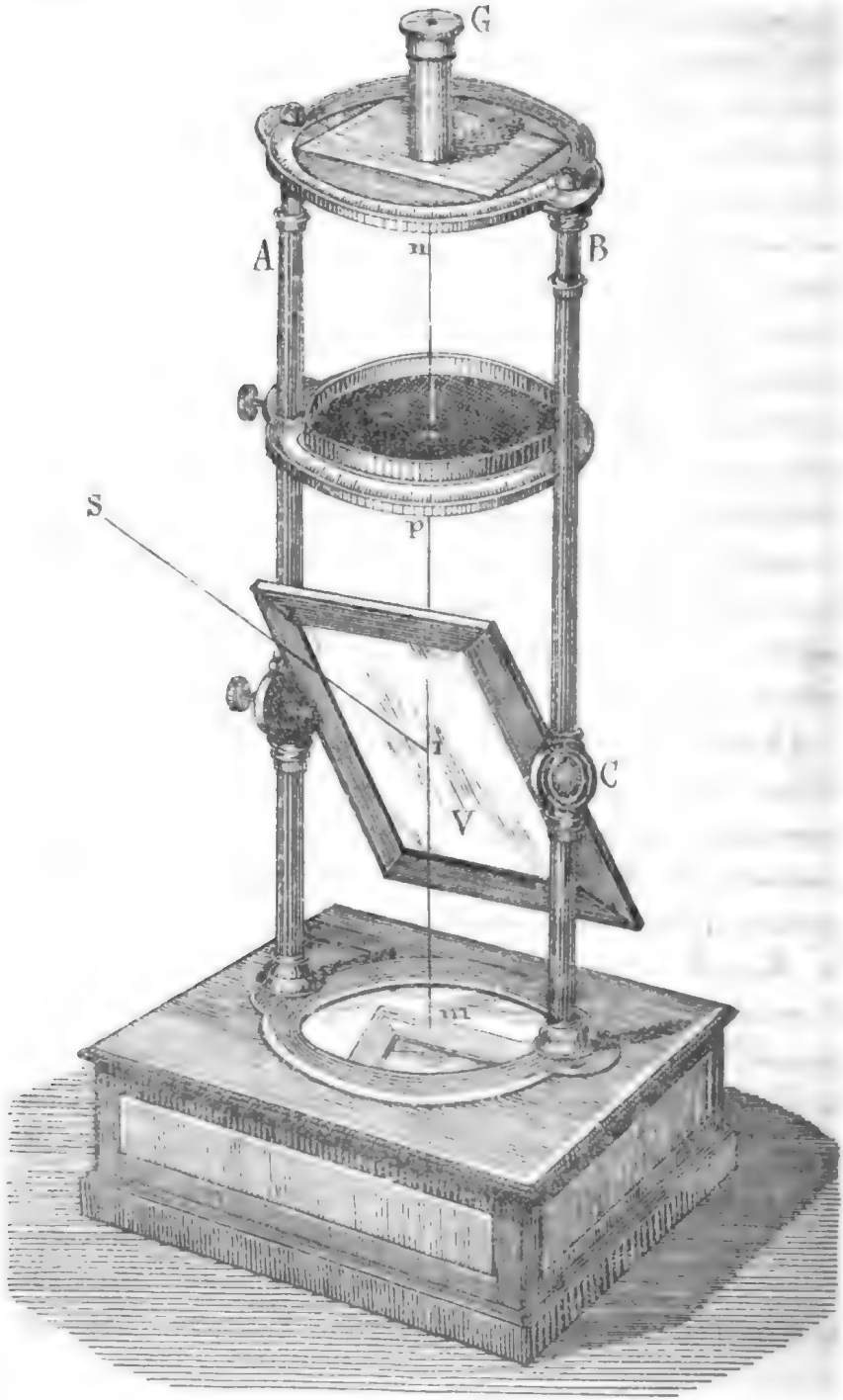
colarmente polarizzati in senso contrario; ed inoltre che uno di essi per l'azione del cristallo soffre un ritardo maggiore dell' altro. E siccome dalla composizione meccanica de' moti vibratorii abbiamo che quando due movimenti circolari si aggiungono a formare un movimento piano, la posizione del piano dipende dalla fase in cui questi due movimenti si sovrappongono; perciò i due fascetti circolari che all'uscire del cristallo ripiendono una velocità comune daranno origine ad un fascetto polarizzato in un sol piano, ed il secondo piano di polarizzazione si allontanerà dal primo di una quantità proporzionale all'intervallo d'interferenza e conseguentemente proporzionale ancora alla spessezza del cristallo

407. Il quarzo non è la sola sostanza dotata di potere rotatorio; molti corpi specialmente nello stato liquido od in soluzione mostrano la stessa virtù. A sperimentare il potere rotatorio de' liquidi si fa uso di un tubo A chiuso alle sue estremità da due lastre



di vetro molto limpido ed a facce ben parallele. Riempiuto questo tubo del liquido di cui si vuole sperimentare il potere rotatorio, si colloca fra due tormaline, o meglio fra due prismi di Nicol P, P' disposti nella sezione oscura ed illuminati da un fascetto di luce omogenea 1, 1'. Se il liquido e' dotato di potere rotatorio, riappare la luce e per farla nuovamente svanire conviene girare l'analizzatore di un certo numero di gradi. Per tale maniera si e' trovato che lo zucchero cristallizzabile, la glucosa (152), l'acido tartrico, la soluzione alcoolica di canfora, la destrina sono destrogire; mentre lo zucchero de' frutti acidi, l'essenza di trementina, la gomma arabica sono levogire.

Queste sperienze come la piu' parte delle altre che risguardano la polarizzazione si' eseguiscono comodamente per mezzo dell' apparato di Noremberg. Consiste un tale apparato (V. pag. seg.) in due colonnette di metallo A e B che sostengono una lastra di vetro V mobile attorno ad un asse orizzontale. Un piccolo cerchio graduato C indica l'angolo che la lastra di vetro fa colla verticale. Fra le estremita' inferiori delle due colonnette e' collocato uno specchio orizzontale m, ed alle estremita' superiori e' fissato un cerchio graduato n, pel cui centro passa l'asse dell' analizzatore G. Inclinata la lastra V sotto l'angolo


G
A
n
B
S
p
r
C
V
m

di polarizzazione del vetro, il fascetto incidente Si riflettendosi per im, si polarizzerà nel piano d'incidenza; onde il fascetto mn che dallo specchio n e' inviato all'analizzatore G sarà sempre polarizzato. Se dunque si metta sul sostegno p un corpo dotato di potere rotatorio, si potrà facilmente osservare e misurare la deviazione prodotta nel piano di polarizzazione.

408. Al potere rotatorio de' liquidi e delle soluzioni si dà l'aggiunto di molecolare per distinguerlo da quello del quarzo, che dipende unicamente dal modo di aggregazione delle sue molecule; poichè non si trova la menoma traccia di tale virtù nella silice amorfa e nel quarzo stesso dopo che per il calorico o per qualche azione chimica ha perduto la struttura cristallina; laddove la virtù rotatoria de' liquidi e delle soluzioni deve ripetersi da una azione propria ed individuale delle molecule. Infatti la rotazione prodotta da un liquido o da una soluzione non viene alterata da tutte quelle circostanze che modificano la mutua distanza delle molecule senza alterare la loro costituzione. Così p. e. le soluzioni alcooliche od acquose di canfora, di zucchero, di gomma hanno un potere rotatorio che resta invariato per quante sieno esse diluite; mentre la loro attività rotatoria assoluta a parità di spessezza è in ragione

diretta della densita' Cosi' parimenti le essenze dotate della stessa proprieta' rotatoria, qualunque sia il senso in cui l'esercitano, possono essere mescolate assieme in tutte le proporzioni senza che il loro potere rotatorio cessi di essere uguale alla somma de' poteri rotatorî di ciascuna molecula attiva. Ma se le molecule attive soffrano qualche cambiamento di costituzione o di composizione chimica, il loro potere rotatorio cambia notabilmente. Anzi vi hanno delle modificazioni nell' intima natura de' corpi (tale e' l' isomerismo) che l'analisi chimica e' impotente a scoprire, e nonpertanto ci sono manifestate dal cambiamento del potere rotatorio delle molecule. Quindi e' che il potere rotatorio e' divenuto uno de' mezzi piu' delicati di analisi, quantunque non siasi fino ad ora applicare che ad un numero di sostanze assai ristretto

Ne' si creda che lo stato liquido sia una condizione indispensabile alla manifestazione dell'attivita' rotatoria delle molecule che ne sono dotate. La trementina, l'acido tartrico, la destrina artificialmente solidificate in masse amorfe e trasparenti mostrano pure la facolta' rotatoria. Se ad una soluzione di zucchero si aggiunga una piccola quantita' di acido acetico, e ridottala alla consistenza di sciroppo si versi sopra una lastra di mar-

mo molto fredda, si ottengono delle lamine amor fe e trasparenti che deviano il piano di polarizzazione sensibilmente colla stessa energia dello zucchero in soluzione. Onde si vede che le molecule dotate di potere rotatorio possono conservare la loro virtù anche allo stato solido; ma se lo stato solido è accompagnato da struttura cristallina, la doppia rifrazione circolare può facilmente divenire inosservabile per l'effetto della coloracione prodotta dalla doppia rifrazione ordinaria. Questa è forse la causa per cui la virtù rotatoria, ad eccezione del quarzo, non si è finora con certezza osservata in verun'altra sostanza cristallizzata.

Lo stato aereo non è incompatibile colla virtù rotatoria molecolare; ma la poca densità di questi corpi esige che si adoperino dei tubi molto lunghi per osservarla. Il tubo per mezzo del quale M. Biot mise in evidenza il potere rotatorio del vapore di trementina aveva 30 metri di lunghezza.

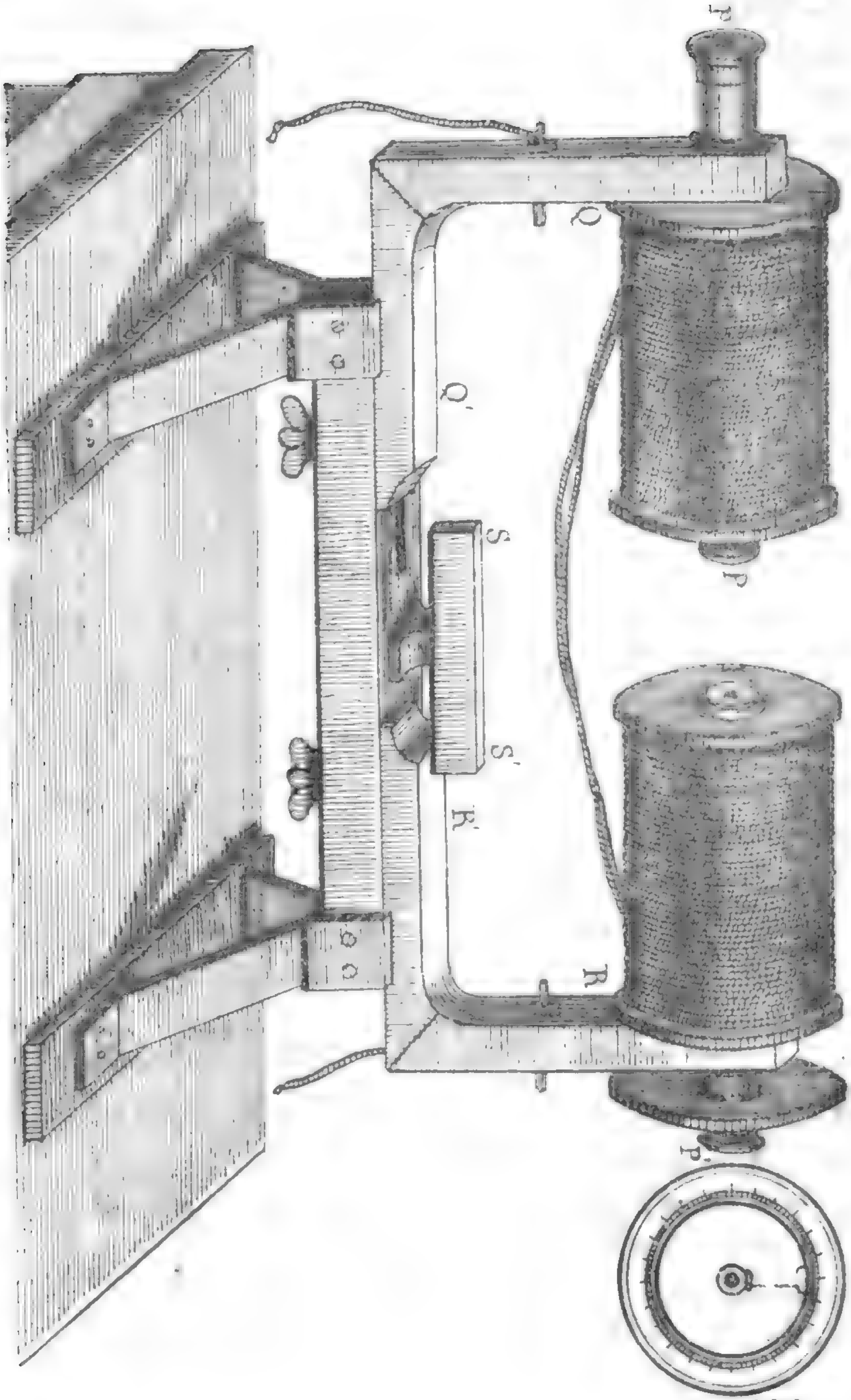
=

Articolo 6°.

Della polarizzazione circolare magnetica

409. *Fino al 1845 i tentativi fatti per iscoprire l'azione mutua dell'elettrico e della luce rimasero infruttuosi. Faraday il primo riuscì a mostrarla colla seguente sperienza. Fatto percuotere un fascetto di luce polarizzata in vicinanza de' poli di un forte elettromagnete, osservò che le sostanze diafane collocate nel campo magnetico ed attraversate da quel fascetto facevano deviare il suo piano di polarizzazione. A questo fenomeno si diede il nome di polarizzazione circolare magnetica per distinguerla dalla polarizzazione circolare inerente alle molecule, e da quella che proviene da un particolar modo di aggregazione delle medesime*

L'apparato più opportuno allo studio della polarizzazione circolare magnetica consiste in un potente elettro-magnete formato di due cilindri di ferro dolce forati nella direzione dell'asse da un canale che permette libero passaggio alla luce e resi magneticamente solidarî per mezzo di



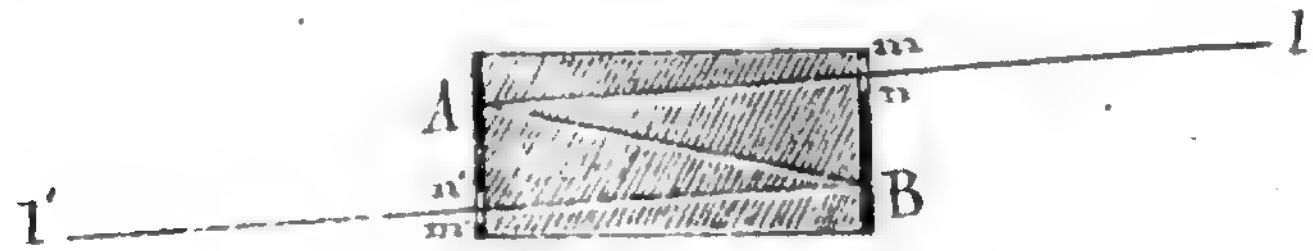
100.

barre di ferro dolce. Le due prime QQ', RR' in forma di squadra sono unite coi loro lati verticali alle basi esteriori de' cilindri e coi loro lati orizzontali alla terza barra SS' che è diritta. Questa ultima unione non è fissa, ma per mezzo di due viti le due squadre si possono più o meno avvicinare una all' altra, di maniera che i due poli P, P' vengano a quella distanza che più piace. Fra questi poli si colloca la sostanza trasparente, ed alle due estremità esteriori dei cilindri si adattano due prismi di Nicol p, p', dei quali uno fa da polarizzatore e l'altro da polariscopio. Un circolo graduato diviso in minuti ed avente il centro nell' asse del polariscopio serve a misurare la deviazione del piano di polarizzazione. Sperimentando con questo apparato sulle diverse sostanze trasparenti si è trovato che una gran parte di esse sotto l'influsso della corrente elettrica o del magnetismo acquistano la virtù rotatoria; ma questa virtù presenta de' caratteri particolari che la fanno distinguere da quella naturalmente posseduta dal quarzo e da altri corpi.

410. Il principale di tali caratteri è che il senso della rotazione magnetica non dipende dalla natura della sostanza sottoposta all'azione della corrente, ma solo dipende dalla posizione de' poli magnetici ossia dalla direzione della corrente. Se il polo nord dell' elettro-ma

gnete o della calamita (giacchè anche colle calamite permanenti si ottengono i fenomeni della rotazione magnetica) è dalla parte dell'osservatore che riceve il raggio polarizzato, e per conseguenza il polo sud da quella donde viene il raggio; qualunque sia la sostanza interposta, la rotazione ha sempre luogo dalla sinistra alla destra dell'osservatore. Rovesciata la direzione della corrente, anche il senso della rotazione si rovescia; onde si vede che „ la rotazione magnetica ha luogo nella di- „ rezione medesima delle correnti che la pro- „ ducono „. Per conoscere il senso di tale rotazione basterà dunque supporre che un pezzo di ferro dolce sia collocato nel posto della sostanza trasparente; la direzione delle correnti che nella teoria di Ampère circolerebbero attorno a questo pezzo di ferro ci darà il senso della rotazione magnetica. Più direttamente si può giungere alla stessa conclusione in altro modo. Sostituiscasi all'elettro-magnete una babina, e nell'asse di questa si collochi una sostanza che trasmette il raggio polarizzato. Appena le due estremità della bobina si vengono a mettere in comunicazione coi due poli di un forte elettro-motore, il piano di polarizzazione si trova esser deviato, e la deviazione ha sempre luogo in quel senso verso cui è diretta la corrente.

Questa relazione che passa fra la direzione della corrente e il senso della rotazione magnetica fu suggerito un metodo comodissimo per aumentare grandemente l'effetto della polarizzazione circolare magnetica. Le due facce A e B della sostanza trasparente che debbono essere at-



traversate dalla luce si coprono di una foglia d'argento che presenti internamente due superficie specolari, avvertendo di lasciare scoperto su ciascuna faccia un piccolo spazietto mn, m'n' di maniera che un raggio polarizzato ll' obliquamente introdotto per l'apertura mn, dopo due o più riflessioni vada a riuscire per l'altra apertura m'n'. Se due sieno state le riflessioni interne, si trova che la deviazione del piano di polarizzazione è tre volte maggiore di quella che si otterrebbe se il raggio una sola volta attraversasse la sostanza medesima. In generale la rotazione è tanto maggiore quanto più lungamente la luce rimane sottomessa all'azione della forza magnetica. Un somigliante artifizio sarebbe affatto infruttuoso colle sostanze naturalmente dotate di rotazione quando sono fuori dell'influsso magnetico; poichè se il numero de' tra-

gitti che fa il raggio attraverso alla sostanza trasparente sia pari, l'effetto è nullo; se poi sia dispari, è lo stesso che se il raggio una sola volta avesse attraversato la sostanza.

411. Quasi tutti i solidi trasparenti sono capaci di acquistare la virtù rotatoria per l'azione del magnetismo. I più restii ad acquistarla sono i cristalli birefrangenti; ciononostante il berillo ed anche il quarzo hanno mostrata la rotazione magnetica, sebbene in grado assai inferiore ai corpi monorifrangenti. Il borosilicato di piombo e gli altri vetri a base di piombo, mercurio, antimonio, tinco, bismuto ed argento hanno un gran potere rotatorio. Come pure i vetri a base di ferro, cobalto, nickel od altra sostanza magnetica i quali darebbero da quel che sembra un effetto maggiore di tutti gli altri se potessero ottenersi del pari trasparenti.

Quanto ai liquidi, pare che tutti sieno capaci di acquistare la rotazione magnetica, non esclusi quelli che naturalmente posseggono il potere rotatorio, nei quali la rotazione prodotta dal magnetismo è affatto indipendente dalla naturale, in guisa che se le due rotazioni hanno luogo nel medesimo senso si aggiungono, e se in senso contrario, conviene sottrarre la più debole dalla più forte onde avere il risultato definitivo.

Non e' cosi' dell'aria atmosferica e degli altri fluidi aerei, dai quali non si e' finora ottenuto verun indizio di rotazione magnetica, sebbene sieno stati piu' volte sottoposti all'azione di forti elettromagneti e di lunghissime elici attraversate dalla corrente elettrica L'uso delle elici invece degli elettro-magneti puo' aumentare di molto la spessezza della sostanza che viene attraversata dalla luce senza perdere per l'allontanamento dei poli, come accade cogli elettro-magneti, cio' che si acquista per l'accresciuta lunghezza del tragitto.

Venendo ora alla causa di questi fenomeni, e' certo che alla rotazione magnetica si richiede la presenza di molecule ponderabili e di molecule abbastanza vicine le une alle altre come sono quelle che costituiscono i solidi ed i liquidi; poiche' un fascetto di luce polarizzata attraversando il vuoto od un gaz non soffre mai verun a azione per parte del magnetismo o delle correnti elettriche. Dall'altro lato non pare verisimile che la rotazione magnetica sia l'effetto di un nuovo stato di aggregazione molecolare, prodotto dal magnetismo; imperocche' la mutua disposizione delle molecule de' corpi non magnetici specialmente se liquidi, non e' sensibilmente alterata per la vicinanza delle correnti elettriche. Diremo dunque che la rotazione-

magnetica non dipende da un'azione che il magnetismo o la corrente elettrica eserciti sull'etere solo o sulle sole molecule de' corpi, ma che dipende dall'influsso che l'elettrico esercita sul modo di essere delle molecule relativamente all'etere da cui sono avviluppate; ma quale sia la natura di quest'azione finora non si conosce.

Articolo 7.

Della doppia rifrazione e polarizzazione del calorico

412. *Il calorico radiante si rifrange doppiamente e si polarizza non altrimenti che la luce. Se un fascetto di raggi calorifici si faccia passare attraverso due prismi di Nicol, ed il calorico trasmesso si riceva nel termo-moltiplicatore, si osserva che al girare di uno de' due prismi la temperatura si abbassa ovvero si innalza. Il minimo di temperatura si ottiene quando le sezioni principali de' due prismi sono fra loro perpendicolari ed il massimo quando sono parallele. Interponendo fra i due pris-*

mi una lastra di spato d'Islanda paralle la all'asse del cristallo, col girare di que sta si producono nell'intensita' del calorico trasmesso quelle medesime alternative che si osservano nella luce. Che se la lastra di spa- to sia tagliata normalmente all'asse, quelle alternative non appariscono. Dunque il calo- rico si rifrange doppiamente, ed i due fascet ti trasmessi sono polarizzati ad angolo retto. Ai due prismi di Nicol si possono sostituire due tormaline; ma il potere assorbente della tormalina per uno dei due fascetti che risul- tano dalla doppia rifrazione non e' si' comple- to e costante riguardo al calorico come lo e' rispetto alla luce

413. La polarizzazione del calorico per ri frazione semplice si dimostra col far passare un fascetto di raggi calorifici attraverso due pile formate di sottilissime lamine di mica o meglio di vetro per evitare la doppia ri — frazione. Ricevuto il fascetto trasmesso dalle due pile nel termo-moltiplicatore, si vede che l'effetto calorifico e' tanto minore quanto piu i due piani di rifrazione si accostano ad es sere normali uno all'altro. La quantita' del calorico polarizzato cresce col numero delle la- stre, e fino ad un certo grado cresce anche coll'obliquita' del fascetto incidente. Con un si stema di due pile ciascuna composta di 18 lamine di mica, le quantita' del calorico tras

messo sotto l'angolo di 35° nelle due posizioni parallela e perpendicolare si sono trovate fra loro come 5 : 1. E questo rapporto rimane costante qualunque sia la specie de' raggi calorifici che compongono il fascetto incidente. Ciò si dimostra interponendo fra la sorgente calorifica e le pile de' corpi termocroici, come delle lastre di vetro colorate o di allume, uno strato di acqua o di olio, sostanze tutte che sebbene alterino grandemente la quantità e qualità del calorico trasmesso al termomoltiplicatore, non producono sensibile alterazione nel rapporto del calorico polarizzato.

414. Se invece del fascetto trasmesso dalla prima pila, si faccia giungere alla seconda un fascetto di raggi riflessi da un vetro sotto l'angolo di polarizzazione della luce, si trova che il calorico si polarizza anche per riflessione, e le variazioni di temperatura manifestate dal termomoltiplicatore si trovano corrispondere esattamente alle variazioni che nelle medesime circostanze si veggono nella luce.

Dopo tutto questo era ben naturale il prevedere che i raggi calorifici debbano sentire l'influsso di quelle sostanze che fanno deviare il piano di polarizzazione della luce, e la esperienza ha mostrato la verità di tale previsione. Se fra due pile a lastre di mica disposte normalmente e per conseguenza che non

trasmettono al termomoltiplicatore che una piccolissima quantità di calorico, s'interponga una lamina di quarzo tagliata perpendicolarmente all'asse del cristallo, cresce la quantità del calorico trasmesso, e l'aumento si mantiene sensibilmente costante, comunque il quarzo si faccia girare nel suo piano attorno al raggio polarizzato. Una seconda lamina di quarzo aumenta o diminuisce l'effetto della prima secondo che ambedue sono dotate dello stesso o di contrario potere rotatorio rispetto alla luce. E' dunque manifesto che anche il calorico è sottomesso alle leggi della polarizzazione circolare. Ma bisogna avvertire che queste e tutte le altre esperienze risguardanti la polarizzazione del calorico oscuro esigono molte cautele, e sopratutto un buon termomoltiplicatore ed una lente di salgemma per raccogliere i deboli raggi che emanano dalla sorgente calorifica.

415. Riunendo adesso sotto di un sol punto di vista tutte le somiglianze e dissomiglianze che finora abbiamo incontrate fra il calorico radiante e la luce, potremo stabilire

1°. Che il calorico radiante si propaga, si riflette, si rifrange anche doppiamente, si concentra cogli specchi e colle lenti, e infine si polarizza assolutamente non altrimenti che la luce.

2°. Che il calorico radiante si compone come

la luce di un numero sterminato di raggi elementari, che differiscono uno dall'altro per la loro rifrangibilità, per la loro trasmissibilità attraverso di varî mezzi e per la loro attitudine ad essere diffusi da varî corpi.

3°. Che le diverse sorgenti calorifiche son ben lungi da emettere tutte queste diverse specie di raggi elementari, ed il Sole stesso il quale ce ne somministra l'assieme meno incompleto, non ci fa pervenire alcuni di quei raggi oscuri che abbondano nelle sorgenti terrestri poco calde.

4°. Che i raggi luminosi sono sempre accompagnati da sensibile calorico, e che tutte quante le alterazioni che viene a soffrire il potere illuminante di un raggio, per ugual modo le soffre ancora il suo potere riscaldante.

5°. Che i raggi più luminosi non sono i più calorifici, anzi i più calorifici e meno rifrangibili sono per noi ordinariamente oscuri, come lo sono i meno calorifici e più rifrangibili.

6°. Che i corpi diatermici non sono tutti diafani, sebbene i diafani sieno sempre anche diatermici; ed in generale che la diafanità e la diatermasia come i poteri diffusivi per la luce e per il calorico non hanno fra loro un rapporto costante.

Da questi fatti che sembrano molto solida-

mente stabiliti deduciamo che la natura delle radiazioni calorifiche e luminose è una sola; e che la luce non è altro se non una secondaria manifestazione di alcune specie di radiazioni calorifiche. A conferma di questa illazione gioverà osservare che allorquando un corpo viene gradatamente scaldato da prima non emette che de' raggi meno rifrangibili degli oscuri dello spettro solare. Crescendo la temperatura e con essa l'agitazione molecolare del corpo, questo comincia a diventar luminoso; le sue radiazioni contengono allora dei raggi più rifrangibili degli oscuri dello spettro solare. Arrivata in fine la temperatura ad un grado assai elevato, la combustione del corpo determina delle radiazioni eziandio più rifrangibili delle violette, e meglio delle altre dotate di azione chimica.

Nel sistema delle vibrazioni tutto ciò facilmente s'intende. Un fascetto di raggi calorifici e luminosi non è altro che il complesso di innumerevoli movimenti ondulatorî dell'etere, tutti atti ad agire sugli apparati termoscopici e a destare in noi la sensazione del calore. Fra questi movimenti che possono differire l'uno dall'altro solamente nell'ampiezza e nella durata, ve ne ha parecchi che sono inoltre forniti della proprietà di agire sull'organo della vista destando in noi la sensazione della luce Tali sono quelli che hanno un pe-

riodo di vibrazione ne' troppo breve ne' troppo lungo ; ma questi movimenti medesimi possono poi non agire come luce sull'occhio di altri animali e viceversa , da che anche fra noi ad alcuni individui sono cospicui certi raggi incospicui ad altri e per converso . Dunque l'agire come luce è nei raggi una proprietà secondaria dipendente dall'organismo animale. Se al mondo non fossero occhi , i raggi resterebbero ciò che sono , cioè moti vibratorî dell'etere ; come i raggi sonori , se al mondo non fossero orecchi , resterebbero moti vibratorî dell'aria atti a far oscillare le corde , a far tremare gli edifizi , ad increspare le superficie de' liquidi &c.

Quanto all'insensibilità ordinaria de' nostri occhi per i movimenti a periodo troppo breve o troppo lungo, essa può provenire o dalla cagione medesima per cui l'organo dell'udito non è efficacemente eccitato dai suoni troppo gravi o troppo acuti, ovvero piuttosto dal potere assorbente degli umori che si contengono nel bulbo dell'occhio . La debole diatermasia pei raggi oscuri dell'acqua e degli altri liquidi analoghi agli umori esistenti nell'occhio rende l'ultima spiegazione assai verisimile . E se così è, dobbiamo in ciò ammirare la provvidenza del Creatore , che per tal via ha sottratto il più delicato fra tutti gli organi dall'azione de' raggi più calorifici .

Le altre discrepanze che abbiamo notate fra i raggi calorifici e luminosi è cosa evidente che non si oppongono all'identità di natura dei due agenti più di quello che i diversi colori si oppongano all'identità di natura de' raggi luminosi. Come un corpo può trasmettere o diffondere le vibrazioni che costituiscono la luce rossa piuttosto che quelle costituenti la luce verde; così un corpo può trasmettere o diffondere alcune specie di raggi calorifici piuttosto che le altre.

Capo III.

Dell'azione chimica e fisiologica della luce

Comprendiamo in questo capo i fenomeni che ci offre la luce considerata come agente chimico e come agente fisiologico. Alla prima classe di fenomeni appartengono quelle modificazioni che soffrono nella loro chimica costituzione molti corpi quando sono sottomessi all'azione della luce. Appartengono alla seconda le sensazioni che i raggi luminosi destano negli animali ossia i fenomeni della visione.

Articolo 1°.

Dell'azione chimica de' raggi

416. *Trattando dello spettro solare si è mostrato (384) che le radiazioni del Sole sono atte a*

produrre delle operazioni chimiche, e che questa virtù si manifesta principalmente nei raggi oscuri più rifrangibili dei violacei. Una simile virtù si trova pure nella luce elettrica e nelle radiazioni delle nostre fiamme. Così p. e. le foglie di alcuni vegetabili esposte alle radiazioni di più lucerne di Argant si sono vedute inverdire per lo scomporsi del loro acido carbonico, scomposizione che nelle foglie non ha mai luogo se non sotto l'influsso della luce.

Ma la virtù di produrre azioni chimiche non appartiene solamente ad alcuni raggi privilegiati, nè è sempre maggiore nei raggi più rifrangibili de' violetti. Difatto se facciasi cadere lo spettro solare su carte rimbevute di varî reagenti, cioè di cloruri, ioduri, bromuri, nitrati, tartrati &c., troviamo che l'azione chimica si estende a tutte le specie di raggi, e che cambia notabilmente colla natura del reagente. Talora il massimo effetto chimico si osserva nei raggi oscuri che sono sopra il violacco; ora in questo, or nell'indaco, ora nell'azzurro; ora in un tempo stesso in più luoghi che fanno come uno spettro composto di varie sfumature interrotto da zone trasversali. I termini di tale spettro variano ancora: il termine superiore è più o meno lungi dall'estremità del violacco; e l'inferiore ora è nell'azzurro, ora nel verde, ora nel

giallo, or nel rosso, e qualche volta anche sotto il rosso nello spazio occupato dai raggi oscuri. Si vede dunque che tutte le specie di radiazioni possono produrre qualche effetto chimico, e per conseguenza che l'azione chimica de' raggi è dovuta a' moti vibratorî dell'etere, il quale meccanicamente operando sugli atomi pesanti, gli obbliga a nuove disposizioni, a nuovi sistemi di equilibrio. E siccome un medesimo corpo è più atto ad essere scaldato o illuminato da alcuni piuttosto che da altri movimenti dell'etere, così è ben naturale che anche l'azione chimica di un raggio sia diversa secondo la diversa natura de' corpi su cui si esercita. I fatti che seguono mostreranno anche meglio la verità di queste conchisioni.

417. L'azione chimica accompagna i raggi riflessi e rifratti, e anche è soggetta come essi all'interferenza. Se si facciano cadere sopra una carta imbevuta di cloruro d'argento i nastri alternativamente luminosi e oscuri prodotti dall'influsso mutuo di due fascetti di luce solare, si formano sulla carta delle linee nere equidistanti separate da intervalli bianchi. Dunque le azioni chimiche si rinforzano o si neutralizzano ovunque i raggi luminosi si interferiscono.

Che se la carta imbevuta di cloruro d'argento si presenti allo spettro solare, le frange brune si trovano senza azione chimica; ep-

però la stessa causa che fa mancare la luce in alcune parti dello spettro colorato vi fa pure mancare l'azione chimica. Simili frange senza azione chimica si osservano anche al di là del violetto o del rosso, sempreché la sostanza su cui si riceve lo spettro è sensibile all'azione chimica de' raggi più o meno rifrangibili de' luminosi.

L'azione chimica de' raggi è anche soggetta alle medesime leggi di polarizzazione a cui ubbidiscono le radiazioni luminose e calorifiche. Ricevuto un fascetto di raggi solari dopo un prisma birefrangente, e collocati due prismi di Nicol sulle direzioni di due fascetti rifratti, si vede che le immagini ordinaria e straordinaria cessano di agire chimicamente nel medesimo tempo che cessano di esistere come luminose: dunque l'azione chimica si polarizza nello stesso piano della luce. — Interponendo sulla via del fascetto estinto una lamina di solfato di calce o di altra sostanza birefrangente, al riapparire dell'imagine si ridesta del pari l'azione chimica. Gli stessi fenomeni ci sono offerti dalla luce polarizzata per riflessione o per semplice rifrazione.

Aggiungiamo per ultimo che come si osserva nella luce e nel calorico, la virtù chimica de' raggi soffre grandi alterazioni secondo la natura delle sostanze che la trasmetto

no. I raggi solari a cagione di esempio operano egregiamente sul cloruro di argento se hanno attraversato un prisma di acqua o di alcool; meno se di flint, e meno ancora se di olio di trementina. L'essenze scolorite di lavanda di rosmarino e di limone che trasmettono benissimo la luce, indeboliscono grandemente l'azione chimica; eppero' si possono dire in certo modo colorite rispetto all'azione chimica, poiche' producono su questa gli stessi effetti che i vetri p. e. rossi o verdi producono sulla luce.

Da tutto cio' si fa manifesto che colle denominazioni di raggi calorifici, chimici e luminosi non altro si vuole significare che tre diverse specie di effetti prodotti dalle radiazioni de' corpi caldi. La natura di queste radiazioni e' una sola, tutte sono movimenti vibratorî dell'etere; ma gli effetti che esse producono variano immensamente in uno colla lunghezza delle vibrazioni e colla costituzione de' corpi su cui agiscono.

Fotografia

418. Una bella applicazione della virtu' chimica de' raggi l'abbiamo nella fotografia, ossia nell'arte di far disegnare alla luce le

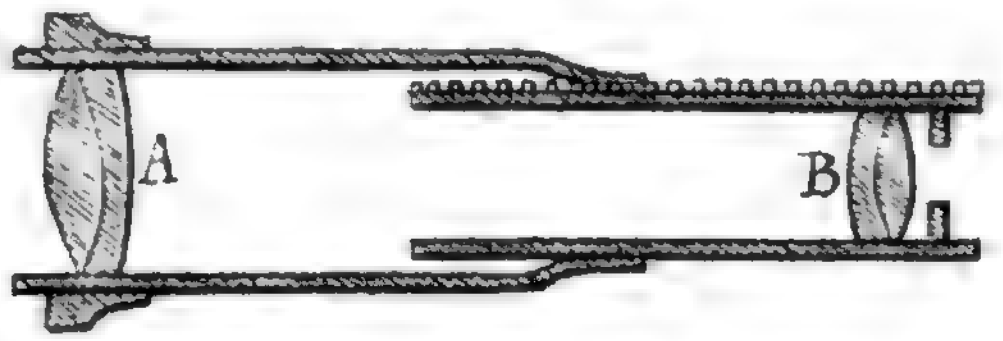
imagini degli oggetti illuminati dal Sole. Se un foglio di carta imbevuto di una sostanza sensibile all'azione chimica de' raggi p.e. di cloruro d'argento si espone all'oscuro nel foco di una lente convergente, i raggi che dipingono una imagine su questa carta decomporranno il cloruro in proporzione della loro intensità e per conseguenza le parti più chiare dell'imagine anneriranno maggiormente il cloruro, e meno l'anneriranno quelle che sono meno chiare. Si avrà dunque un fedele disegno dell'imagine, ma il disegno per tal modo ottenuto sarà negativo; cioè presenterà scure le parti chiare dell'imagine e viceversa, e di più non sarà permanente; imperocchè l'azione ulteriore della luce distruggerà i chiaroscuri facendo prendere alla carta una tinta uniforme. Lo scopo della fotografia consiste nel render positive e permanenti siffatte imagini.

419. Il metodo con cui da prima si pervenne a questo duplice scopo è il seguente. Una lamina di argento perfettamente brunita si espone alla evaporazione dello iodio finchè siasi formato sulla sua superficie un sottilissimo velo di giallo ioduro d'argento. La lamina così iodurata si colloca nella camera oscura nel luogo ove la lente dipinge l'imagine dell'oggetto di cui si vuole ottenere il disegno. I raggi formanti l'imagine mo

dificano lo ioduro d'argento in ragione diretta di loro intensita, donde risulta sulla lamina un disegno prodotto dalla diversa alterazione dello ioduro; ma questo disegno rimane invisibile. Per farlo apparire si espone la lamina all'evaporazione del mercurio contenuto in un vasello, che per mezzo di una lucerna ad alcool si riscalda fino circa ai 70°. Tutte le parti della lamina ove i raggi hanno piu' o meno alterato il ioduro si coprono piu' o meno abbondantemente di minutissimi globettini di mercurio, e le parti che sono restate all'ombra ne restano al tutto prive. Sottratta la lamina dal vapore di mercurio, si tuffa in una soluzione d'ipposolfito di soda che scioglie lo ioduro, e finalmente si lava nell'acqua stillata. Per tal maniera si ottiene un vaghissimo disegno a chiaroscuro atto a sopportare l'azione piu' viva del Sole senza punto alterarsi. I chiari del disegno sono formati dalle parti granite del mercurio, e gli oscuri dalle parti scoperte e brunite dell'argento. Ed e' appunto per questo che il disegno per essere veduto distintamente esige che la lamina non sia tenuta in modo che mandi agli occhi la luce riflessa dalle parti brunite e specolari.

Se la lastra iodata si espone al vapore del bromo, l'equilibrio delle forze chimiche di

viene molto più instabile, ed i disegni si prendono in un periodo di tempo assai più breve e quasi in un istante. Cogli ordinari apparecchi che risultano di due lenti A e B acromatiche e combinate come si vede



nella figura, s'impiegano all'ombra in luogo presso che aperto nelle circostanze più favorevoli 4" o 5", e nelle meno favorevoli 9" o 10". Si conosce se il tempo è stato soverchio, giusto o scarso nell'esposizione al mercurio. Se fu troppo breve l'imagine non acquista chiarezza, apparendo soltanto indicate le parti chiare, e poco o nulla le oscure. Il tempo fu soverchio se le parti ove percotea maggior luce paiono azzurre e scure, e quelle che dovrebbero essere scure ed in ombra si mostrano bianche o giallicce. Versando della soluzione di cloruro d'oro sulla lamina estratta dall'iposolfito, e scaldandola col portarvi sotto in giro la fiamma di una lucerna ad alcool, il disegno diviene assai più vago e più stabile.

420. A questo metodo inventato da Daguerre viene ora comunemente sostituito

un altro molto più comodo e vantaggioso. Sopra una lastra di vetro ben netta si versa un sottile stratarello di collodion (155) contenente in soluzione un poco di ioduro di potassio. Appena questo strato comincia a solidificarsi per evaporazione, s'immerge la lastra in un bagno composto di 5 parti di acido acetico e di 2 di nitrato di argento sciolti in 18 di acqua stillata; quindi si espone la lastra nella camera oscura all'oggetto da ritrarsi. In brevissimo tempo il disegno è compiuto; ma per farlo apparire bisogna versare sulla lastra una soluzione di acido gallico o pirogallico, ovvero di protosolfato di ferro; poi si lava e si fissa tuffandola in un bagno allungato d'iposolfito di soda.

Questo disegno è negativo; ma per la sua trasparenza si può da esso facilmente trarre un numero indefinito di copie positive. A tal fine si applica il disegno negativo ad una carta preparata col cloruro d'argento, e si espone all'azion della luce. Il cloruro s'anerisce più nelle parti che corrispondono ai chiari del disegno, e meno in quelle che corrispondono agli scuri; si avrà dunque per tal modo una copia positiva che si fissa col lavarla nella soluzione d'iposolfito e poi nell'acqua pura.

Si può anche immediatamente ottenere un bel disegno positivo sul vetro, se dopo di aver

fatto apparire il disegno negativo per mezzo del protosolfato di ferro, si lavi la lastra, e poi vi si versi una soluzione di una parte di cianuro di potassio in dieci di acqua.

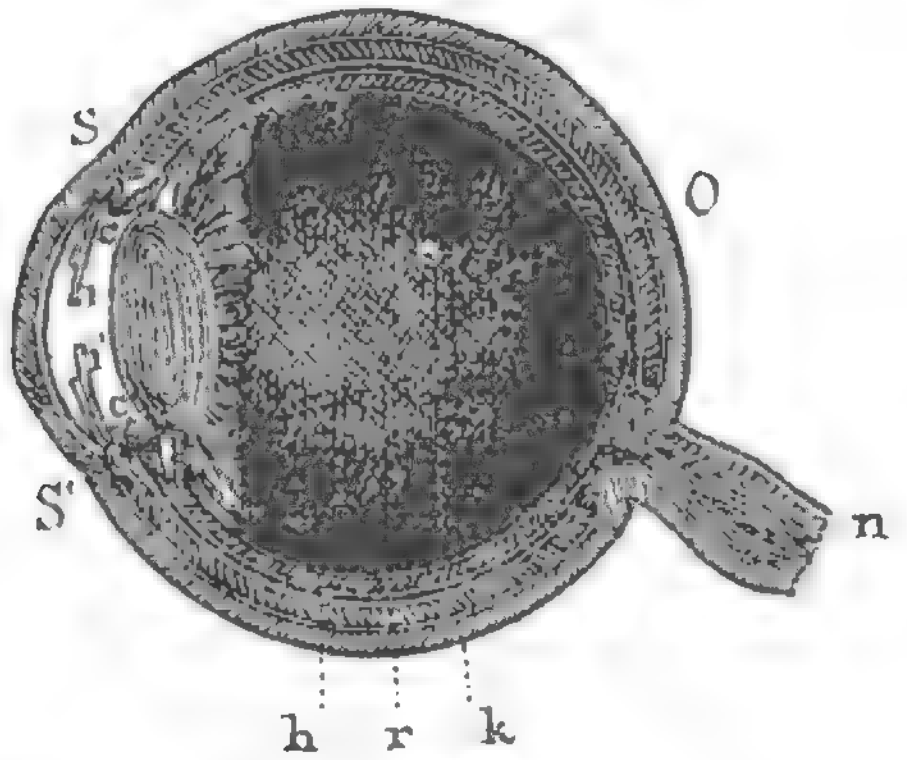
Molte modificazioni e perfezionamenti sono già stati fatti ai processi fotografici che abbiamo descritti; moltissime avvertenze sono indispensabili nella esecuzione de' medesimi: ma non è nostro scopo l'entrare in queste particolarità. Ci limiteremo perciò ad osservare che la scoperta della fotografia ha contribuito grandemente ad accrescere le nostre cognizioni sull'azione chimica de raggi. Il numero delle sostanze che si riconoscono soggette all'azione di questo agente diventa ogni giorno più grande; nè è improbabile che l'azione chimica delle radiazioni luminose si estenda a tutti i corpi.

Articolo 2°.

Della Visione

421. La percezione degli oggetti prodotta dalla luce dicesi visione, e l'occhio è l'organo ordinario della visione. Nell'uomo

e negli animali a lui più simili (1) l'occhio è formato di due segmenti quasi sferici riuniti per le basi e contenuti in una cavità ossea che chiamasi orbita. Nell'occhio umano il rag-



gio del segmento minore SS' è di 7 in 8 millimetri, e quello del maggiore SOS' di 10 in 11 millimetri. La membrana che avviluppa tutte le parti costituenti l'occhio appellasi sclerotica; ma nella sua parte anteriore ove è diafana prende il nome di cornea trasparente. Dietro la cornea alla distanza circa di 2 millimetri è tesa l'iride membrana circolare del

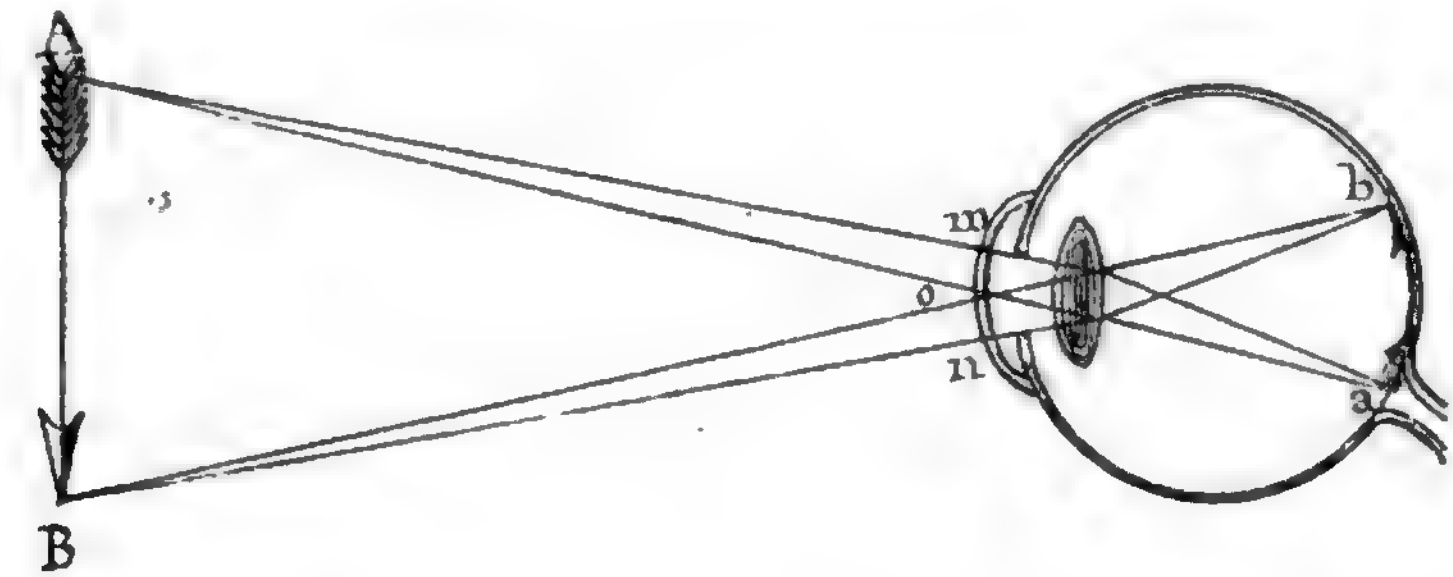
---

(1). Vi hanno degli animaluzzi che si credono sforniti di occhi sebbene si mostrino sensibilissimi alla luce. Non è inverisimile che per codesti piccoli animali l'impressione della luce si estenda a tutta la superficie del corpo.

tutto opaca, che da' il colore all'occhio e che presso al centro e' munita di un'apertura ii' chiamata pupilla, la quale ingrandendosi o restringendosi da' l'accesso nell'occhio ad una quantita' piu' o meno grande di luce. A piccolissima distanza dall'iride e' sospeso un corpo lenticolare cc', chiamato cristallino, molto trasparente e che rifrange la luce piu' dell'acqua e dell'alcool. Il cristallino divide l'occhio in due parti che si chiono camere; l'umore contenuto nella camera anteriore appellasi umore acqueo, ed umore vitreo si chiama quello che e' contenuto nella posteriore e che ha qualche apparenza di vetro fuso. Una membrana h chiamata ialoide circonda l'umore vitreo, ed un'altra membrana k detta coroide veste l'interno della sclerotica fino al cristallino. Questa seconda membrana e' spalmata di una mucosita' nera analoga al pigmento della pelle de' mori, merce' la quale la visione non e' turbata dai raggi riflessi dalle pareti interne dell'occhio. Fra la coroide e la ialoide si espande il nervo ottico n, ed alla membrana r formata dalle sue molteplici diramazioni si da' il nome di retina. Sulla retina non altrimenti che sul diaframma di una camera oscura vengono a formarsi e dipingersi le imagini degli oggetti esteriori.

122. Rappresenti AB un oggetto colloca-

to immanzi al nostro occhio. Il fascetto luminoso Amo che dopo aver trapassata la cornea



entri nella pupilla, soffrirà una triplice rifrazione nell'umor acqueo, nel cristallino e nell'umore vitreo; onde i raggi che compongono quel fascetto convergeranno verso un punto a non altrimenti che se avessero attraversato un sistema di lenti convergenti. Lo stesso faranno i raggi Bmo emanati dal punto B, e da tutti gli altri punti dell'oggetto AB, di cui verrà perciò a dipingersi un'immagine ab, la quale sarà rovesciata per lo incrociarsi de' raggi che la formano. Se l'occhio è senza vizî, questa imagine si dipinge sulla retina. Ciò può vedersi ponendo nel foro di una camera oscura l'occhio di un bue di recente preparato ed assottigliato nella parte posteriore a segno da renderla trasparente. Le imagini degli oggetti esteriori appariscono sulla retina impiccolite e rovesciate. Questa sperienza riesce meglio cogli occhi degli albini, ossia di quegli animali che hanno

la coroide trasparente perche' mancante del pigmento nero, il quale rende opaca la coroide del bue

423. E' cosa indubitata che la pittura delle imagini sulla retina e' una condizione necessaria alla visione distinta degli oggetti. Se il potere rifrangente dell'occhio e' troppo grande di maniera che i coni luminosi Amo, Bmo si uniscano prima di giungere alla retina, la visione e' confusa. Questo difetto che dicesi miopia suole provenire da un eccesso di convessita' della cornea o del cristallino; e si corregge colle lenti concave, le quali diminuendo la convergenza de' raggi, allontanano il foco de' singoli fascetti. Al contrario se l'occhio per difetto di convessita' nella cornea, o nel cristallino, o per qualunque altro vizio ha una forza di rifrangere minore di quella che conviene all'occhio sano, il foco de' coni luminosi Amo, Bmo va a cadere al di la' della retina, e la visione e del pari confusa. Un tale difetto dicesi presbitismo, perche' accompagna d'ordinario l'eta' provetta; e si corregge colle lenti convesse, le quali aumentando la convergenza de' raggi, accorciano le distanze focali de' singoli fascetti. Di qui ebbe origine l'uso degli occhiali a lenti concave per quelli che hanno vista corta, ed a lenti convesse per quelli che l'hanno troppo lunga.

Come nessun nervo ad eccezione dell'ottico è capace di darci la sensazione della luce, così pare che neppure lo sia il nervo ottico prima di essersi diviso in filetti e disteso sulla coroide. Sopra un fondo orizzontale bianco si pongano due corpicciuoli neri a, b; chiuso l'occhio sinistro, si collochi il destro verticalmente sull'oggetto a posto a sinistra, e si allontani b verso la destra parallelamente alla linea che congiunge i due occhi; si troverà un punto in cui b diviene invisibile; più in là o più in qua ricomparisce. La parte di retina su cui cadono i raggi dal lorquando sparisce l'oggetto si chiama punto cieco, e si crede essere quella estremità del nervo ottico donde partono i filamenti che fanno la retina.

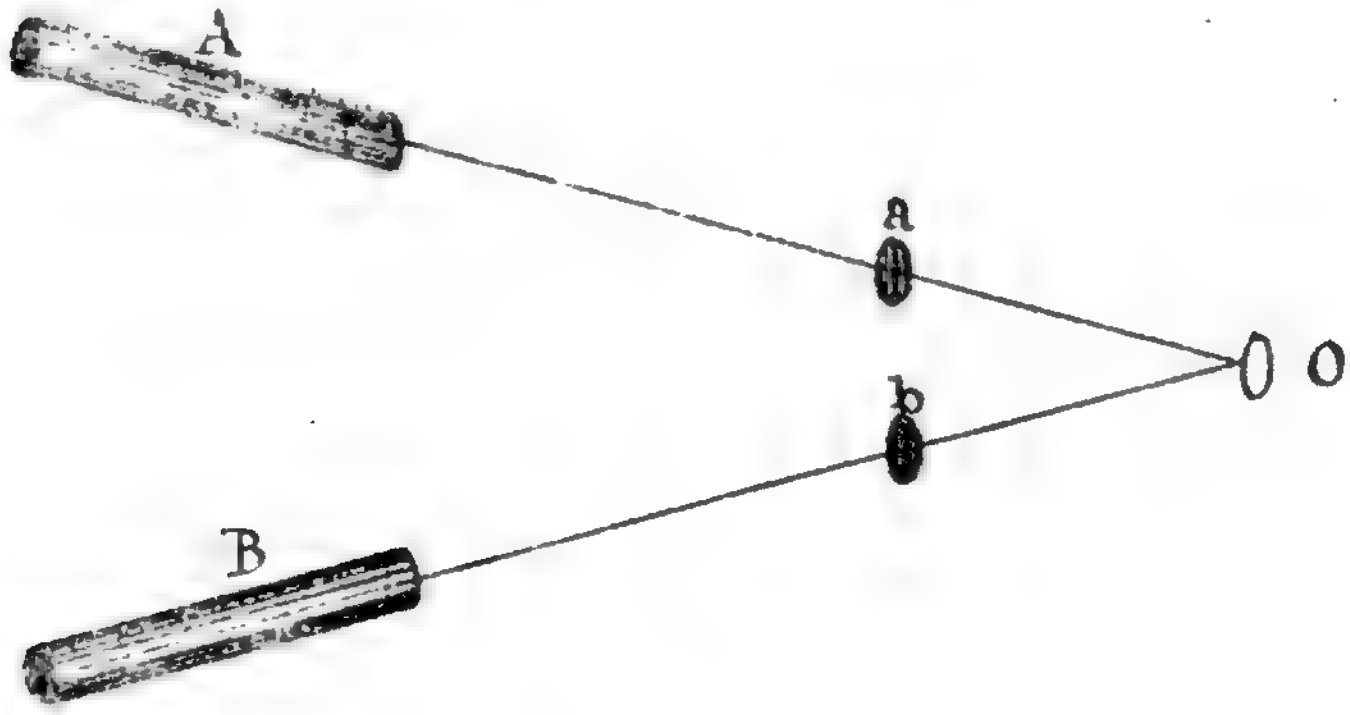
422. Le osservazioni anatomiche ci fanno conoscere che le curvature de' mezzi rifrangenti dell'occhio e le loro distanze dalla retina sono sensibilmente invariabili; onde l'occhio vuol essere considerato come una camera ottica le cui lenti conservano sempre la medesima distanza dal diaframma sul quale si dipingono le imagini. Posto ciò, non sembra facile il dare ragione della facoltà che ha l'occhio di vedere distintamente gli oggetti sì vicini che lontani. Ma si rifletta che l'occhio non vede con ugual nettezza gli oggetti sì vicini che lon

la lente alla sua apertura. Ciò che vediamo accadere alle imagini formate da una lente artificiale, deve pure valere per quelle che si formano in fondo all'occhio; onde a spiegare come questo possa vedere distintamente gli oggetti a varie distanze non è necessario ricorrere alla struttura particolare delle sue lenti.

Del resto l'occhio umano per vedere distintamente i piccoli oggetti come p. e. i caratteri ordinari della stampa, ha bisogno che questi sieno sempre collocati a un dipresso alla medesima distanza. Tale distanza si appella la distanza della visione distinta, e nello stato normale dell'occhio suol variare nei diversi individui fra i venticinque e i 30 centimetri.

425. Benchè noi per lo più vediamo gli oggetti con ambedue gli occhi, nulladimeno ne' casi ordinari non ci appariscono duplicati: perchè le due imagini vengono da noi riferite ad una medesima porzione dello spazio e sovrapposte producono una sola percezione. Infatti se premendo col dito il bulbo di un occhio deviamo il suo asse, l'imagine dell'oggetto guardato si raddoppia, e tornato l'occhio al suo stato naturale, l'imagine traslocata torna a confondersi coll'altra. E se mediante due tubi **A** e **B** si guardino due uguali dischetti **a** e **b** colorati di

tinte complementarie p. e. uno rosso e l'altro verde, inchinando i due tubi di maniera che



gli assi ottici AO e BO convergano in un punto comune O, si vede in esso un disco bianco. la percezione degli oggetti veduti con ambedue gli occhi risulta dunque della somma delle due sensazioni.

I vantaggi che ci arreca la visione binoculare non sono solamente di accrescere il campo della nostra vista e di farci comparire più luminosi gli oggetti; essa ci aiuta eziandio a giudicare delle distanze ed a percepire i corpi colle tre loro dimensioni. Allorchè guardiamo un oggetto con ambedue gli occhi l'inclinazione che dobbiamo dare a' due assi ottici è tanto maggiore quanto più l'oggetto è vicino. Il sentimento di questa modificazione dell'occhio ci diviene per abitudine un dato sul quale noi fondiamo i

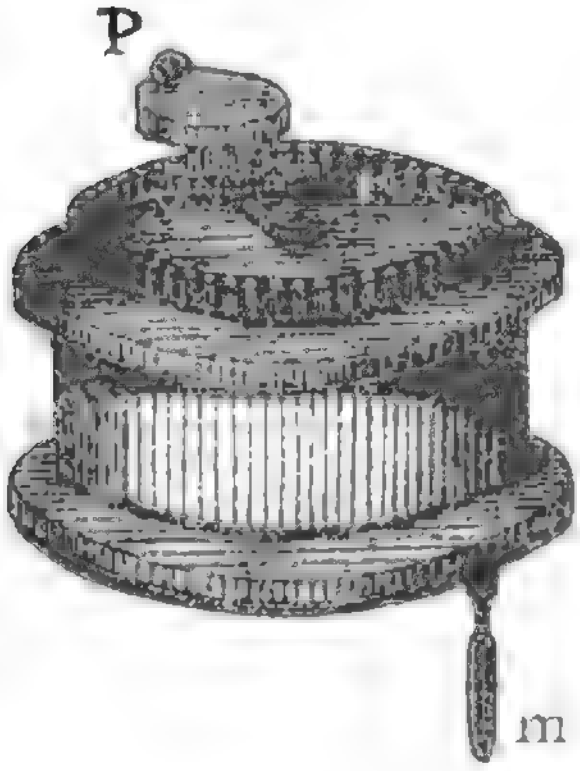
giudizi delle distanze. Conviene però osservare che trattandosi di corpi assai lontani questo dato nulla vale, perchè i due assi ottici divengono quasi paralleli; e inoltre che a giudicare delle distanze anche non molto grandi siamo pure aiutati dalla grandezza apparente degli oggetti, dal loro splendore, non che dal numero ed estensione de' corpi interposti. Una cornacchia veduta sopra un tetto vicino, se siamo persuasi che stia sopra un altro più lontano, potrà comparirci grande quanto un'aquila.

Che poi la percezione simultanea delle due impressioni fatte sulle retine giovi a produrre in noi la percezione del rilievo, sembra abbastanza provato da quell'ingegnoso e notissimo apparatino che si appella stereoscopio. Consiste lo stereoscopio in una specie di camera oscura che da un lato porta due tubi direttori dei due assi ottici e dall'opposto due disegni del medesimo oggetto fatti per modo che ciascuno rappresenta l'oggetto nella prospettiva in cui lo vedrebbe quell'occhio verso cui è rivolto, essendo cosa certa che quando gli oggetti sono vicini la prospettiva che ne prende ciascun occhio è differente, e tanto più differente quanto maggiore è la convergenza degli assi ottici. I due tubi direttori degli assi ottici sono forniti di due lenti, o meglio di due prismi disposti in guisa che

le due imagini debbano sovrapporsi, e da questa sovrapposizione nasce in noi l'apparenza si chiara e distinta delle tre dimensioni dell'oggetto che l'illusione è completa e veramente sorprendente. Se si cambi la posizione relativa de' due disegni facendo che quello che è a destra passi a sinistra e viceversa, l'illusione cessa del tutto: onde non si può dubitare che l'impressione simultanea prodotta dalle due diverse imagini dipinte nei nostri occhi debbe grandemente aiutarci a percepire il rilievo de' corpi non molto lontani.

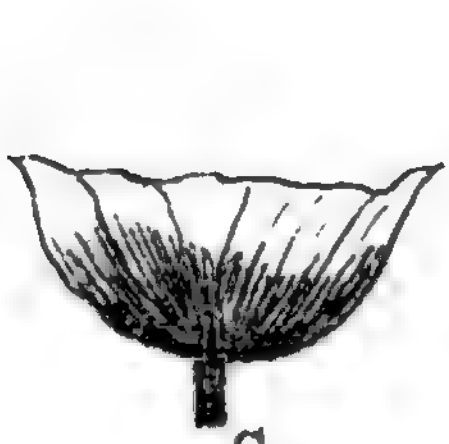
426. Le percezioni che si producono in noi mediante le imagini dipinte nei nostri occhi, durano per un certo tempo anche dopo che la causa ha cessato di agire. Avendo guardato un corpo assai luminoso, se chiudiamo subitamente gli occhi, l'imagine di quel corpo persiste in noi per qualche tempo, ed ognuno sa che quando si fa girare rapidamente un carbone incandescente invece del carbone si vede un cerchio luminoso. Questo cerchio risulta evidentemente da ciò che l'impressione prodotta sulle nostre retine dal carbone in un punto qualunque della circonferenza che percorre persiste anche dopo che il carbone si è allontanato da quel punto di maniera che le posizioni successive del carbone appariscono simultanee.

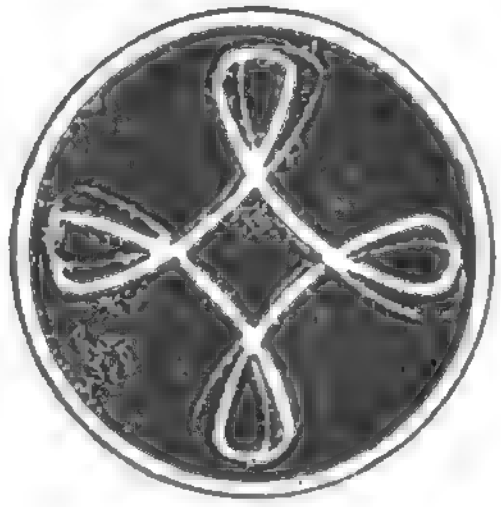
Alla medesima cagione si deve riferire l'aspetto filamentoso della pioggia e della grandine, l'apparente ingrossarsi delle cordeviòranti, il disparire dei denti di una ruota che gira velocemente, e mille altre curiose apparenze, che hanno dato origine a vari apparati, fra i quali merita di esser conosciuto un semplicissimo fotometro imaginato da Wheatstone. La parte principale di questo fotometro è



una pallina P eccentricamente fissata sopra un disco, munito di un rocchetto che ingranando coi denti di una ruota acquista due movimenti, uno attorno a se stesso e l'altro attorno al centro della ruota.

Per misurare la intensità relativa di due sor-





genti luminose per esempio di una candela

C e di un becco a gas G, si colloca in mezzo ad esse l'apparata, e mediante il manubrio M si fa girare rapidamente la pallina P. I due punti luminosi prodotti dalle due riflessioni che hanno luogo su due parti opposte della pallina fanno nascere in noi la sensazione di due curve come lo mostra la figura. Se una di queste due curve. p. e. quella che risguarda il becco a gas è più splendida dell' altra, si accosta la strumento alla candela fino a tanto che le due curve mostrino la stessa intensità luminosa. Misurando allora la distanza del fotometro da ciascuna delle due sorgenti, i poteri illuminanti di questi saranno proporzionali ai quadrati delle distanze misurate.

427. Le imagini che persistono in noi dopo cessata la causa che le produsse spesso appariscono tinte di un colore diverso dal vero. Questi colori che l'occhio stesso da se medesimo si forma sotto l'influsso di una sensazione precedente si appellano accidentali o imaginarî. Se fissiamo lo sguardo sopra un oggetto colorito, dopo qualche tempo il colore dell'oggetto comincia ad illanguidirsi, e se allora chiudiamo gli occhi o li volgiamo ad altra parte, vediamo tosto riapparire l'imagine di prima colle stesse forme dell' oggetto, ma tinta del colore complementario del colore del

l'oggetto medesimo. Così la contemplazione pro-
lungata di un oggetto rosso fa nascere in
noi la sensazione di un'imagine verde, e
reciprocamente la contemplazione prolunga-
ta di un oggetto verde è seguita dall'appa-
rire di un'imagine rossa. Se l'oggetto è gial
lo od azzurro, il colore dell'imagine che ne
consegue è violetto o ranciato, e viceversa.
Un oggetto bianco produce per tal manera
un'imagine nera, mentre l'oggetto nero pro
duce l'imagine bianca. Che se la luce emana
ta dall'oggetto guardato sia molto viva, i co-
lori imaginari sono vari e si succedono gli u
ni agli altri, mescolandosi anche ai vari co
lori che tornano di tanto in tanto ad appa-
rire. Dopo aver guardato il Sole, allorchè si
può fissarlo, od un corpo bianco fortemen-
te illuminato dai suoi raggi, l'occhio all'o-
scuro ne vede da prima un'imagine bianca,
che presto volge al giallo e quindi al rosso,
all'indaco, all'azzurro ed al verde. A spie
gare tali fenomeni generalmente si ammet-
te che l'azione prolungata dei raggi di un
certo colore momentaneamente diminuisce
la sensibilità della retina per i raggi del-
lo stesso colore; e siccome i nostri organi
sensitivi eccitati una volta non tornano allo
stato normale che a poco a poco, cessata la
sensibilità pei raggi di un colore, le imagi-
ni degli oggetti rimarranno tinte di altri

colori ; e fra questi domineranno i comple-
mentari di quelli degli oggetti.

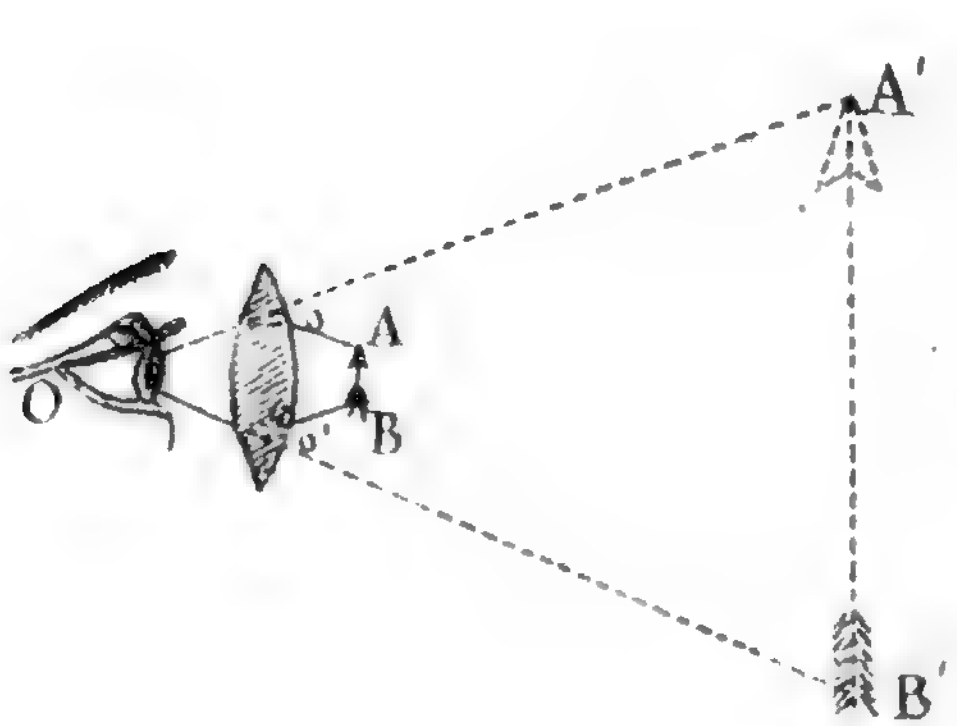
Da questo durare nell'occhio le imagini, benchè con tinte variate, dipende in parte l'impossibilità in cui ci troviamo di bene discernere gli oggetti quando da un luogo luminoso passiamo ad uno alquanto oscuro. Si dice in parte, perchè la pupilla che sotto l'azione della luce si restringe tanto più quanto più intenso ne è lo splendore, non è poi così pronta a dilatarsi da lasciar subito entrare nell'occhio tutta luce che basti a rendere distintamente sensibili gli oggetti poco illuminati. All'opposto se una viva luce viene subitamente a percuotere l'occhio, noi ne proviamo una sensazione assai spiacevole, perchè la pupilla non è più subito restringere in guisa che la retina non venga eccitata da un numero di raggi troppo grande.

Articolo 3.

Di alcuni strumenti ottici

428. Gli strumenti ottici, de' quali dobbiamo dare un cenno in questo articolo, sono solamente quelli che hanno per iscopo di aiutare l'occhio a discernere distintamente gli oggetti o troppo piccoli o troppo lontani, che però si appellano microscopî o telescopî.

Una lente convessa di corto foco od un sistema di lenti sovrapposte le une alle altre in guisa da operare come una sola lente dicesi microscopio semplice, e serve ad ingrandire le imagini de' piccoli oggetti ed a trasportarle alla distanza della visione distinta. Rappresenti ab un oggetto tanto piccolo che collocato alla distanza della visione distinta non si possa chiaramente vedere. Questo oggetto



non si rendera' meglio visibile coll'accostarlo
piu' di presso all'occhio, perche' i raggi di
venuti piu' divergenti produrrebbero una ima-
gine molto confusa; ma se fra l'occhio e
l'oggetto si frapponga una lente L, che dia ai
raggi Ao, Ao' la convergenza dovuta alla vi-
sione distinta, l'occhio O collocato dietro
alla lente vedra' l'imagine di AB come ve-
drebbe un oggetto A'B' situato alla distan-
za della visione distinta, e per conseguenza
tanto piu' grande quanto piu' corto e' il foco
della lente.

Per ottenere che i raggi Ao, Bo entrino nel
l'occhio colla convergenza dovuta alla visio-
ne distinta, la sperienza ed il calcolo dimo
strano che l'oggetto vuol esser collocato vi-
cinissimo al foco della lente; donde si puo
inferire che „ l'ingrandimento lineare di un
„ microscopio semplice e' uguale alla distan
„ za della visione distinta divisa per la
„ distanza focale della lente„; e pero' che le
imagini degli oggetti osservati col medesimo
microscopio appariscono piu' grandi ad un
osservatore di vista lunga che ad un altro
di vista meno lunga

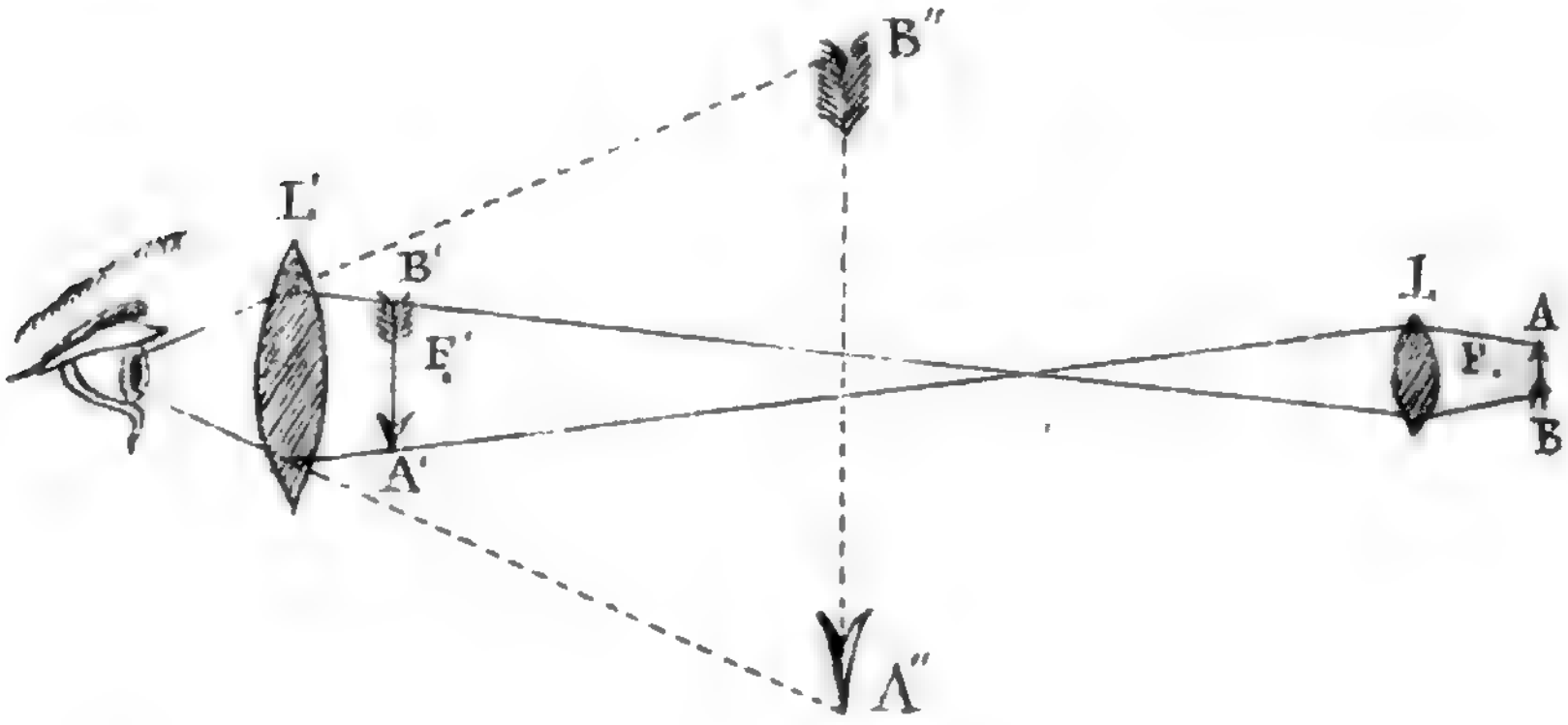
Dopo cio' sara' molto facile il calcolare la
distanza focale che deve avere una lente mi
croscopica per produrre un dato ingrandi-
mento. Posto p. e. che la distanza della vi-
sione distinta dell'osservatore sia 21 centi-

metri, e che l'oggetto vogliasi ingrandito 80 volte, sarà $\frac{210^{mm}}{x} = 80$, e quindi la distanza focale $x = 2^m,625$. Si vede da ciò che l'ingrandimento di un microscopio semplice non può oltrepassare certi limiti senza che la distanza focale divenga tanto piccola da rendere impossibile la visione distinta degli oggetti. In pratica se l'ingrandimento sia maggiore di 30 o 40 volte si ricorre all'uso de' microscopi composti. Conviene però osservare che anche quando l'ingrandimento non supera le 30 o 40 volte è necessario che l'oggetto sia fortemente illuminato, essendo cosa manifesta che quanto l'oggetto acquista in grandezza altrettanto perde in chiarezza. Per raccogliere sugli oggetti una grande quantità di luce si adoperano gli specchi o le lenti convergenti.

429. Il microscopio composto consta essenzialmente di due lenti convergenti, delle quali una dicesi obbiettivo, perchè è rivolta verso l'oggetto che si osserva, e l'altra chiamasi oculare perchè ad essa si applica l'occhio dell'osservatore.

Un oggetto AB (*fig. seg.*) sia collocato un poco al di là del foco F dell'obbiettivo L, di maniera che si formi un'imagine reale ingrandita A'B'. Se l'oculare L' sia posto in guisa che il suo foco F' venga a cadere fra

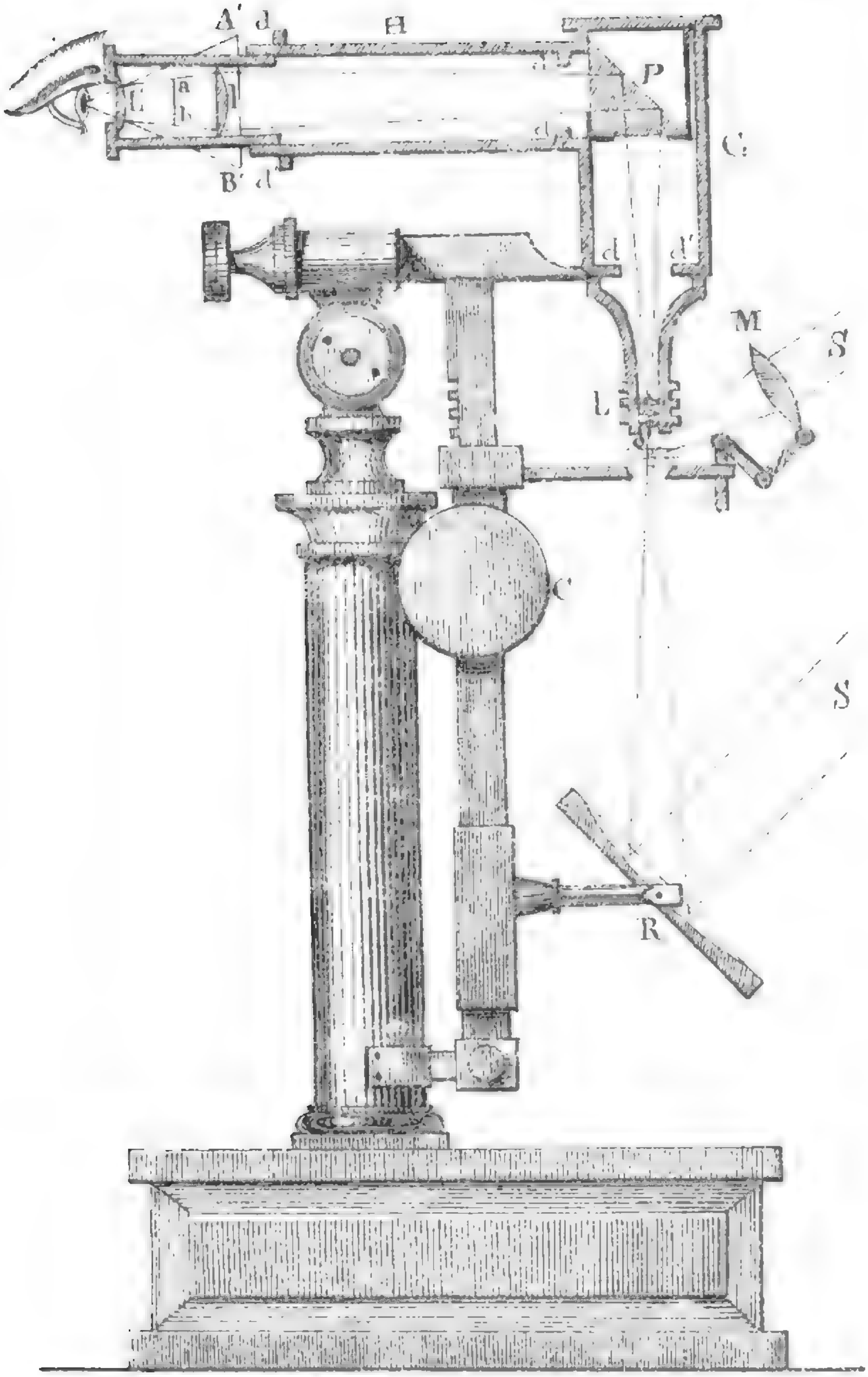
l'obbiettivo e l'imagine A'B', un occhio collo. cato di L' vedrà l'imagine virtuale A"B" non



altrimenti che se A'B' fosse un oggetto collo. cato innanzi al microscopio semplice L'. L'ingrandimento di un microscopio composto risulta dunque dell'ingrandimento dell'obbiettivo insieme a dell'oculare. Se l'obbiettivo ingrandisce p. e. 30 volte e l'oculare 10, l'ingrandimento totale sarà 300, e la superficie dell'oggetto osservato diverrà perciò 90000 volte maggiore.

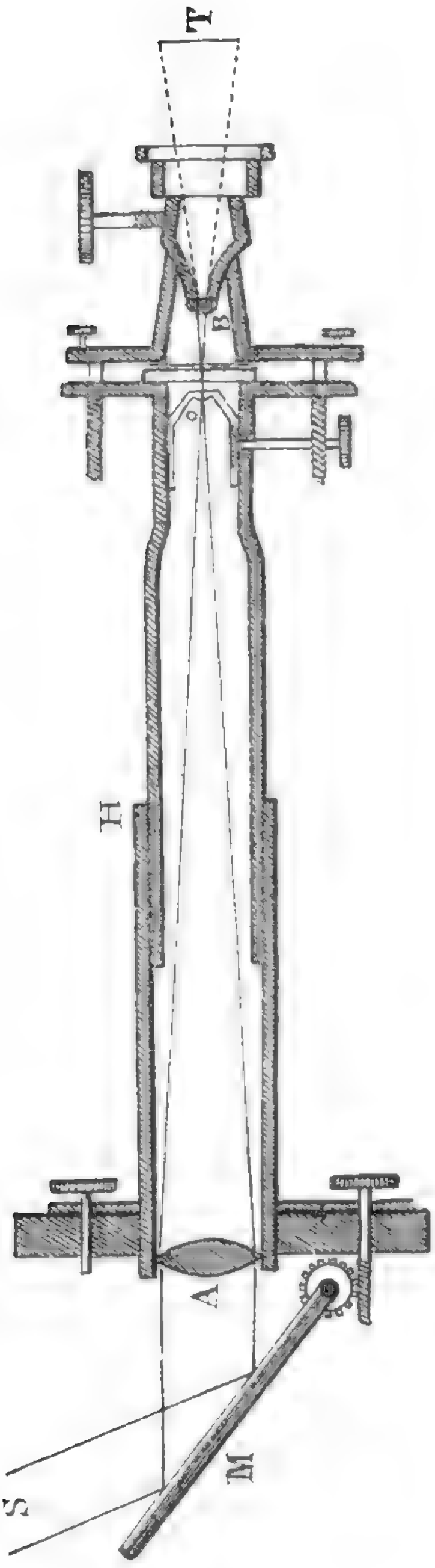
A far conoscere il modo con cui si dispongono le lenti e gli accessori che debbono accompagnare un buon microscopio, descriveremo quello imaginato dal Prof. Amici e che senza dubbio è uno de' più perfetti.

L'obbiettivo L è formato di due o tre lenti acromatiche, e l'oculare L' è composto di due lenti piano-convesse che posso-



tized by Google

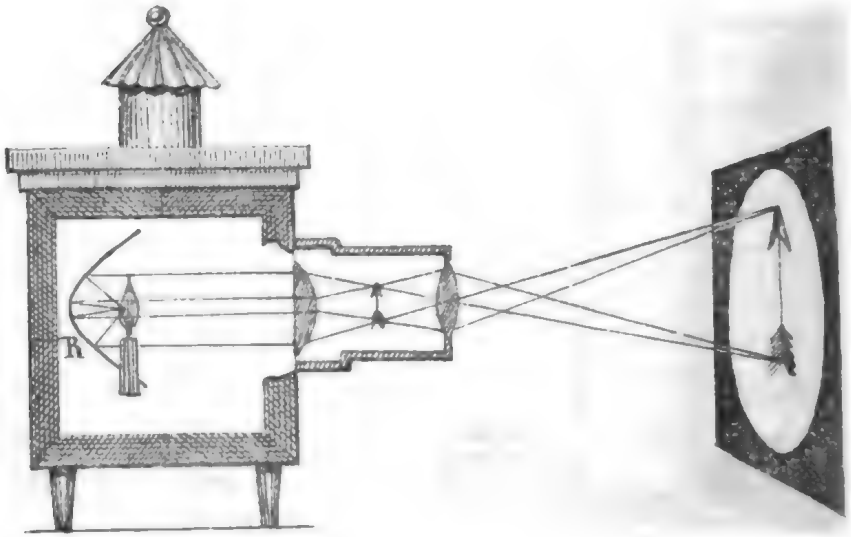
no essere acromatiche o non acromatiche. La seconda di queste lenti cioè l serve per ingrandire il campo del microscopio facendo che più raggi entrino nella lente che è più da presso all'occhio dell'osservatore, e serve anche per correggere il difetto di acromatismo che sempre più o meno accompagna gli obbiettivi. L'oggetto O è collocato sopra un sostegno mobile mediante il bottone C, e viene illuminato dalla luce riflessa dallo specchio R se è trasparente, e se opaco da quella concentrata dalla lente M. I raggi emanati dall'oggetto o dopo avere attraversato l'obbiettivo L, incontrano un prisma rettangolare P sulla cui ipotenusa subiscono la riflessione totale, e quindi vanno a dipingere dietro la lente l un'imagine ab reale ed ingrandita dell'oggetto o. Lo scopo del prisma P non è altro che di dare ai raggi la direzione orizzontale, per rendere più comode le osservazioni; volendosi lasciare ai raggi la direzione verticale, si toglie il tubo G, ed al tubo H si annette l'obbiettivo L. L'occhio collocato presso l'oculare L' vede al solito l'imagine virtuale A'B' doppiamente ingrandita per l'effetto dell'obbiettivo e dell'oculare. Per ottenere nei casi particolari quell'ingrandimento che si stima più conveniente, ciascun microscopio deve essere fornito di varî obbiettivi ed oculari; inoltre



è necessario che nell'interno dei tubi vi sieno dei diaframmi ad'per impedire la confusione prodotta nelle imagini dall' aberrazione di sfericità.

430. *Allorchè le imagini amplificate del microscopio si debbono proiettare sopra una superficie in maniera che si rendano visibili nel medesimo tempo a molti spettatori, la disposizione dell' apparato è alquanto diversa. Uno specchio piano* **M** *situato fuori della finestra di una camera oscura riceva la luce diretta del Sole, ed i raggi che dallo specchio si riflettono entrino in un tubo orizzontale* **H** *fissato nell' imposta della fenestra medesima. Se questo tubo sia munito di due lenti di*

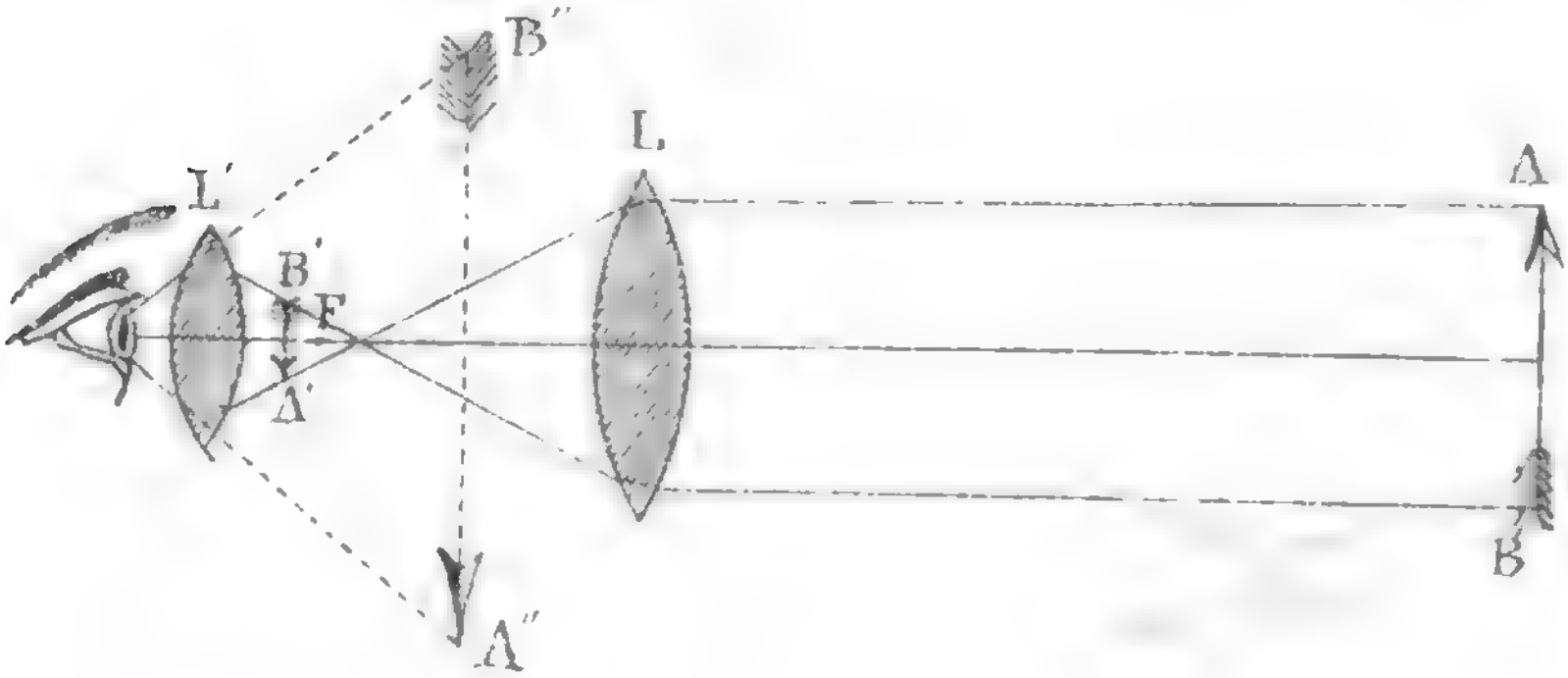
convergenza, una A che raccolga i raggi solari sull' oggetto o, e l' altra B posta innanzi all' oggetto ad una distanza un poco maggiore della sua distanza focale, è manifesto che l' imagine di o si verrà a dipingere rovesciata ed ingrandita sopra una tela T, o su altro corpo qualunque collocato alla distanza conveniente. Il microscopio così modificato si appella microscopio solare. Se invece della luce solare si fa uso per illuminare gli oggetti di una luce artificiale, il microscopio prende il nome di lanterna magi-



ca. In questo caso per raccogliere la luce sulla lente che ha da illuminare gli oggetti si adopera uno specchio concavo R. La lanterna magica perfezionata in maniera che le i-

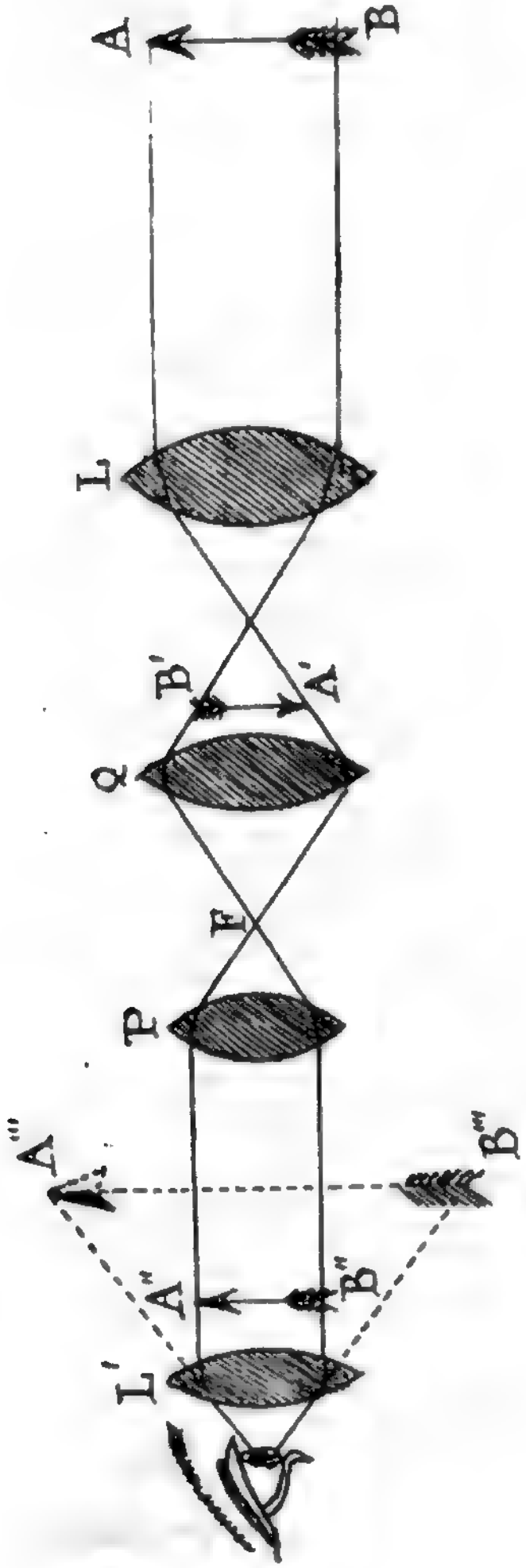
magini si possano gradatamente ingrandire o impiccolire si trasforma nel celebre apparato conosciuto sotto il nome di fantasmagoria.

431. *Anche i telescopî essenzialmente risultano di un obbiettivo* L *e di un oculare* L' *disposti intorno ad un asse comune, e connessi assieme per mezzo di uno o più tubi cilindrici. Se le due lenti sieno disposte in guisa che l'imagine reale* A'B' *di un oggetto lonta*



no venga a formarsi fra l'oculare L' *ed il suo foco* F', *l'occhio di un osservatore nevedra' l'imagine virtuale* A''B'' *roversiata relativamente all'oggetto ed ingrandita. La differenza che passa fra questo telescopio che dicesi* rifrattore astronomico *ed il microscopio composto e' che l'imagine reale* A'B' *prodotta dall'obbiettivo del telescopio e' più piccola dell'oggetto, epperò l'ingrandimento*

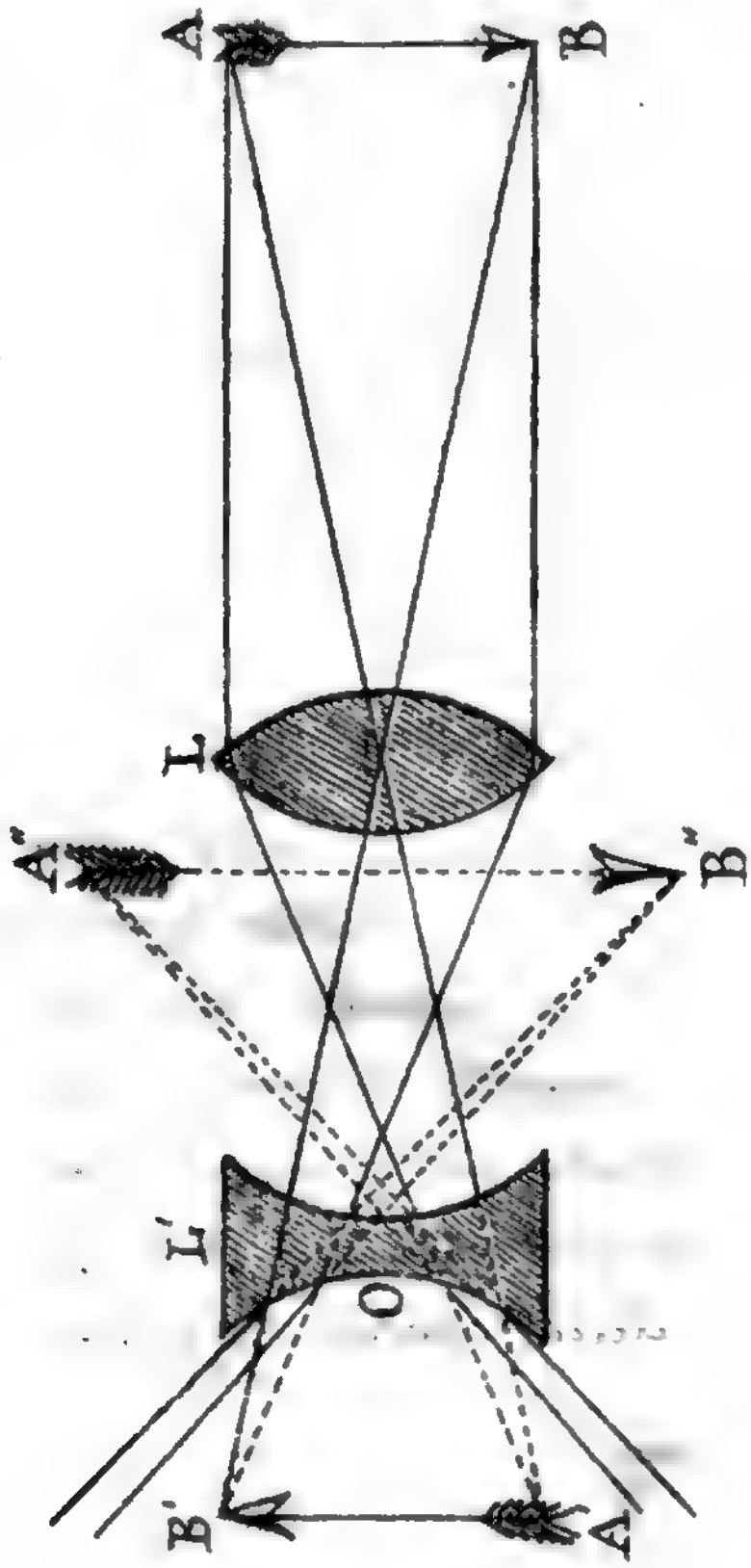
è dovuto unicamente all'oculare. Il calcolo dimostra che l'ingrandimento di un telescopio astronomico ugguaglia prossimamente il rapporto fra le distanze focali dell'obbiettivo e dell'oculare. Se p. e. la distanza focale dell'obbiettivo L sia di un metro e quella dell'oculare L' di 25 millimetri, l'ingrandimento sarà $\frac{1000}{25}$ = 40.



432. Il rifrattore astronomico facendo vedere gli oggetti rovesciati non si presta bene all'osservazione dei corpi terrestri. Per osservare questi in vicinanza dell'oculare L' si collocano altre due lenti convergenti P e Q in modo che i loro fochi vengano prossimamente a concorrere in un punto comune F. Per tale disposizione le imagini saranno raddrizzate, imperocchè l'imagine A'B' che si dipinge presso il

foco dell'obbiettivo L produrrà un'altra immagine A"B" che per l'intersecarsi de' raggi nel punto F sarà diritta relativamente all'oggetto AB; onde l'occhio situato dietro l'oculare L' ne vedrà un imagine virtuale A"'B"' ingrandita e diritta. I telescopî così costruiti si chiamano terrestri.

433. Questi telescopi terrestri hanno l'inconveniente di assorbire una grande quantità di luce. Per osservare gli oggetti non molto rilucenti riesce talora utile il telescopio di Galileo, che ha due sole lenti. L'oculare L' di questo telescopio è divergente, e la sua distanza dall'obbiettivo L è incirca uguale alla differenza delle due distanze focali. I raggi provenienti dai punti A e B dell'oggetto AB andrebbero a dipingere l'immagine rovesciata in A'B', ma incontrandosi nell'oculare L' divergono non altrimenti che se fossero



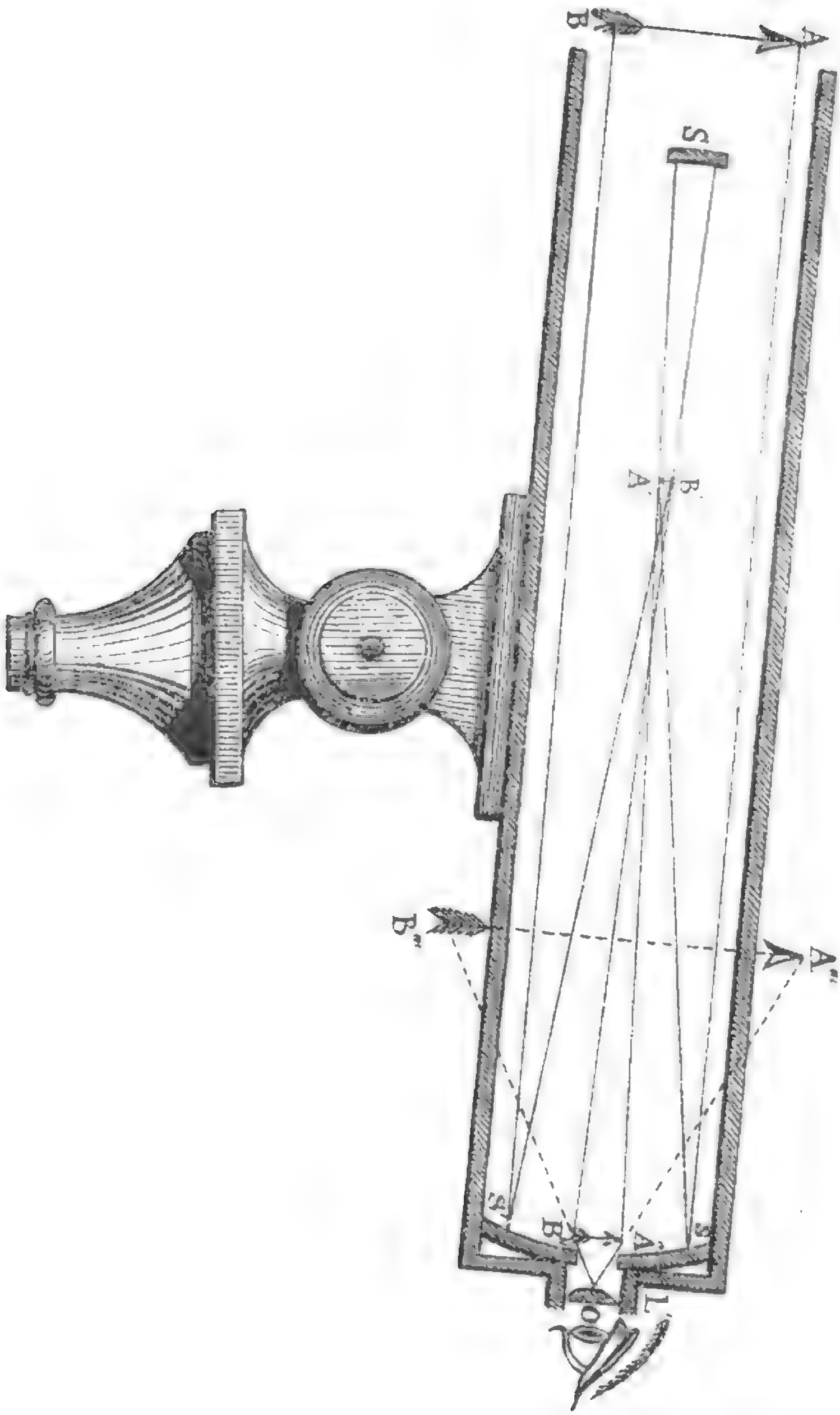
(1)punti A" e B" ; onde l'occhio vedrà l'imagine A"B" che gli apparirà diritta ed ingrandita nel rapporto degli angoli visuali A"OB" ed AOB. E' però da notare che la divergenza dei raggi rende il campo dello strumento assai ristretto ; e però non conviene adottare una tale costruzione che per piccoli ingrandimenti ; avvertendo inoltre di accostare l'occhio più che sia possibile all'oculare .

434 . Per osservare gli oggetti lontani, oltre i rifrattori si adoperano anche i riflettori , o telescopi a riflessione detti pure catadiottrici , perchè composti di specchi e di lenti . Fra questi i più celebri sono il riflettore di Gregory, quello di Newton e quello di Herschell.

Il riflettore di Gregory si compone di due specchi concavi , uno grande SS' forato nel centro per dar luogo ai raggi che debbono penetrare nell'oculare L' ; l'altro S più piccolo collocato contro l'oculare e distante dal primo un poco più della somma delle due distanze focali . I raggi riflessi dallo specchio SS' formeranno in A'B' una piccola imagine reale e rovesciata dell'oggetto lontano AB . Questa imagine raddrizzata ed amplificata dall'oggetto S sarà traportata in A"B" presso dell'oculare ; onde dall'occhio applicato

---

(1). Aggiungasi « partiti dai punti &c. ».


B
S
A
B
B'
A'
S
B
A
L

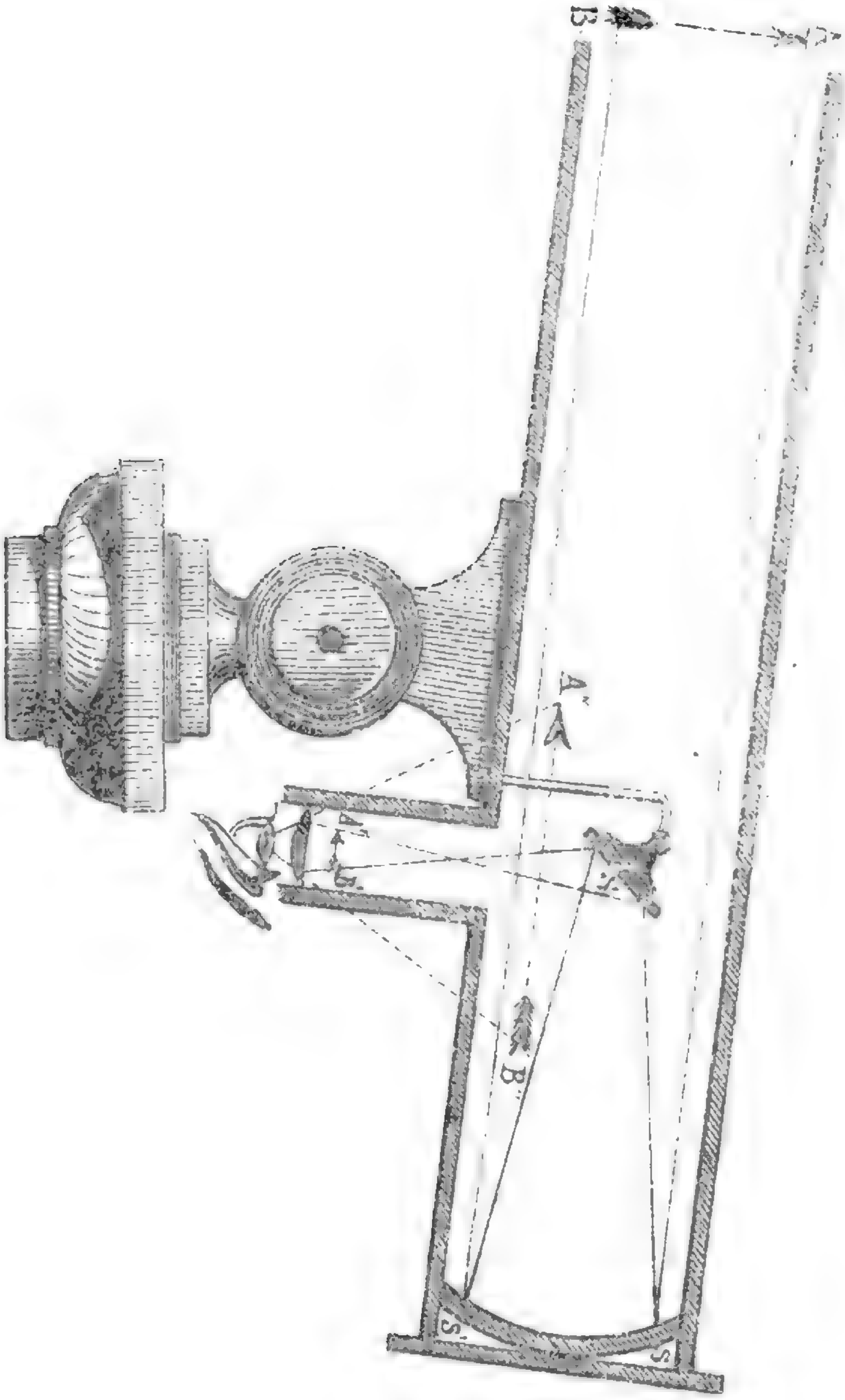
in O sarà vedutà sotto l'angolo A"OB" alla distanza della visione distinta e per conseguenza ingrandita.

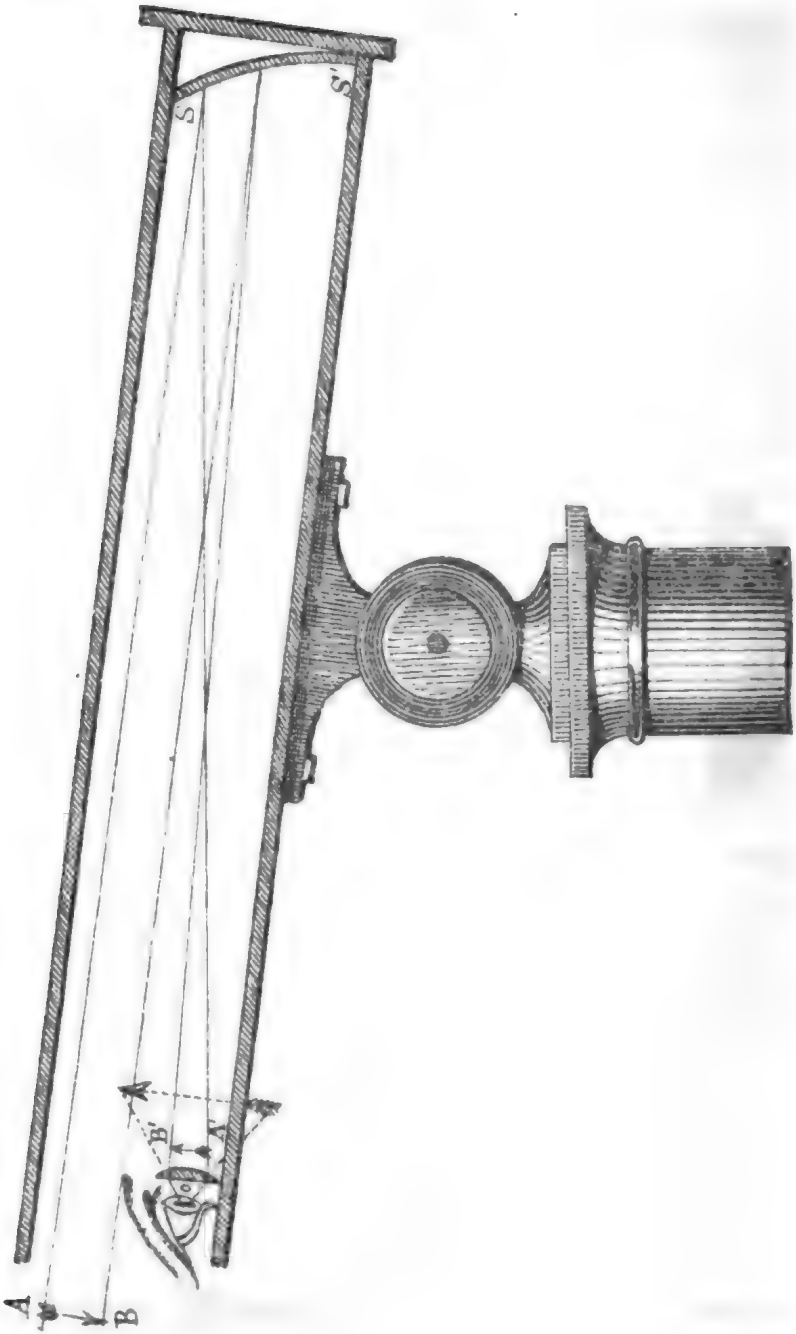
Questo riflettore può servire per osservare tanto gli oggetti celesti che i terrestri; ma è necessario che lo specchietto S sia mobile lungo l'asse del tubo, altrimenti non si potrebbero vedere distintamente gli oggetti situati a differenti distanze.

435. Il riflettore di Newton differisce poco dal precedente. Lo specchio concavo SS' posto al fondo del tubo non è forato nel centro, e lo specchietto S non è concavo ma piano, ed inclinato di 45° sull'asse del tubo. La distanza dello specchio S da SS' è minore della distanza focale di questo: donde risulta che i raggi riflessi da SS', senza cessare di essere convergenti, sono deviati dallo specchio S, e vanno a dipingere in A'B' presso l'oculare l'immagine rovesciata dell'oggetto AB, immagine che per l'effetto dell'oculare apparirà ingrandita in A"B". e l'ingrandimento sarà tanto maggiore quanto è maggiore la distanza focale dello specchio SS' relativamente a quella dell'oculare.

436. Nel riflettore di Herschell (pag 846) non avvi che un solo specchio concavo SS' inclinato sull'asse del tubo di maniera che i raggi i quali arrivano da un oggetto lontano AB vanno a dipingerne l'imagine rovescia

Fig. 5.



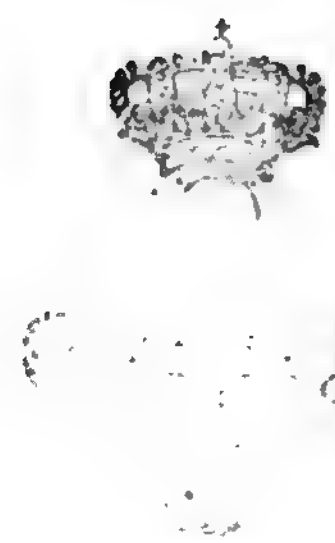

S
S'
A'
B'
A
B

ta in A'B' presso l'oculare O situato lateralmente dalla parte per cui entra la luce. Anche in questo riflettore l'ingrandimento ci è dato dal rapporto delle distanze focali dello specchio e dell'oculare; ma il minore indebolimento che soffre la luce per l'assenza di un secondo specchio rende il riflettore di Herschell atto a sopportar un maggiore ingrandimento dei precedenti. Valendosi di uno specchio di 39 piedi e 4 pollici di distanza focale potè Herschell osservare distintamente gli astri coll'enorme ingrandimento di 6000 volte.

Dopo che si è trovato il modo di costruire de' grandi obbiettivi acromatici, i riflettori hanno perduto molto di loro importanza; ed anche nelle osservazioni astronomiche per lo più si fa uso de' soli rifrattori o telescopî diottrici. Se non che la scoperta che di recente si è fatta d'inargentare il vetro mediante una soluzione di nitrato d'argento è venuta di nuovo a riattivare la costruzione de' grandi riflettori, e si spera che potranno in breve uguagliare ed anche vincere i migliori rifrattori acromatici.

FINE

Map 200 5073



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google